脑与学习科学新视野译丛

董 奇/主编 周加仙/副主编

理解脑

——走向新的学习科学

UNDERSTANDING THE BRAIN
TOWARDS A NEW LEARNING SCIENCE

◎ 经济合作与发展组织/编
◎ 北京师范大学"认知神经科学与学习"
国家重点实验室脑科学与教育应用研究中心/组织翻译

教育科学出版社 OECD

责任编辑：刘明堂
封面设计：耀午书装 010-84473188

UNDERSTANDING THE BRAIN
TOWARDS A NEW LEARNING SCIENCE

过去十多年来，研究者运用新兴的脑成像技术，在研究脑的功能、探究整个生命历程中学习与发展的变化方面，取得了重要的研究成果与突破性进展，其研究成果的数量超过了以往的总和。这些研究成果将对学习与教育产生深远的影响。

“新的学习科学”揭开了脑如何产生知觉、记忆与语言的神秘面纱；揭示了终身学习的重要性；对阅读能力、数学技能的获得与提高提出了不同的见解；强调了先天遗传素质与后天教养在脑与学习发展中的同等重要地位。

本书强调运用认知神经科学、心理学、教育、保健和决策等超学科研究方法的重要性；并提出，当教师、医疗工作者、科学家携手合作之时，就是早期诊断与正确干预阅读困难、阿尔茨海默病等疾病之日。





ISBN 7-5041-3648-4
定价：18.00元

脑与学习科学新视野译丛

董　奇／主编　周加仙／副主编

理解脑

——走向新的学习科学

UNDERSTANDING THE BRAIN

TOWARDS A NEW LEARNING SCIENCE

教育科学出版社

·北　京·

责任编辑　刘明堂
版式设计　贾艳凤
责任校对　张　珍
责任印制　曲凤玲

图书在版编目（CIP）数据

理解脑：走向新的学习科学/经济合作与发展组织编；北京师范大学“认知神经科学与学习”国家重点实验室脑科学与教育应用研究中心组织翻译.—北京：教育科学出版社，2006.11
（脑与学习科学新视野译丛/董奇主编）
书名原文：Understanding the Brain：Towards A New Learning Science
ISBN 7－5041－3648－4

Ⅰ.理… Ⅱ.①经… ②北… Ⅲ.①脑科学－研究②学习理论（心理学）－研究 Ⅳ.①R338.2 ②G442

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 088197 号

出版发行　教育科学出版社

社　址	北京·朝阳区安慧北里安园甲 9 号	市场部电话	010－64989009
邮　编	100101	编辑部电话	010－64989419
传　真	010－64891796	网　址	http：//www.esph.com.cn

经　销	各地新华书店		
印　刷	涿州星河印刷有限公司		
开　本	787 毫米×1092 毫米　1/16		
印　张	8.25	版　次	2006 年 11 月第 1 版
字　数	108 千	印　次	2006 年 11 月第 1 次印刷
定　价	18.00 元	印　数	1－3 000 册

● 经济合作与发展组织/编

● 北京师范大学"认知神经科学与学习"
国家重点实验室脑科学与教育应用研究中心/组织翻译

OECD

经济合作与发展组织

根据1960年12月14日在巴黎签署、1961年9月30日生效的《经济合作与发展组织公约》第1条，经济合作与发展组织应该促进这样一些政策，这些政策旨在：

——达到最佳的可持续性经济发展与最高的就业率，提高成员国的生活水平，同时保持财政稳定，从而对世界经济发展作出贡献；

——促进成员国与非成员国在经济发展过程中的良性经济扩展；

——根据国际组织的义务与职责，促进多边的、非歧视性的世界贸易扩张。

第一批加入经济合作与发展组织的成员国包括：奥地利、比利时、加拿大、丹麦、法国、德国、希腊、冰岛、爱尔兰、意大利、卢森堡大公国、荷兰、挪威、葡萄牙、西班牙、瑞典、土耳其、英国、美国。下列国家在不同的时间陆续成为成员国：日本（1964年4月28日）、芬兰（1969年1月28日）、澳大利亚（1971年6月7日）、新西兰（1973年5月29日）、墨西哥（1994年5月18日）、捷克共和国（1995年12月21日）、匈牙利（1996年5月7日）、波兰（1996年11月22日）、韩国（1996年12月12日）以及斯洛伐克共和国（2000年12月14日）。根据经济合作与发展组织协议第13条，欧洲共同体委员会参与经济合作与发展组织的工作。

译丛总序

人脑是世界上最复杂的物质系统，它所具有的学习功能是其他一切生物无法比拟的。在人类学习的研究中，由于研究方法与手段的局限性，无论是古代东西方对学习的思辨，还是近现代流派纷呈的学习理论，都回避了对学习的器官——脑的探索，使学习的研究停留在外显的行为以及对内部心理机制的推测上。

随着脑科学的迅猛发展以及研究方法与工具的进步，人们日益重视脑、认知与学习之间的关系。学习科学研究者将真实情境中的学习作为研究对象，运用科学的研究方法，来理解人类学习过程中的认知活动及其神经机制，探讨学习、认知与发展的过程与本质。学习作为人类极其复杂的现象，只有整合不同学科的视野才能对其有完整、科学的认识，因此学习科学是多学科、跨学科的研究领域。

最先用科学的方法来研究脑与学习关系的是诞生于20世纪50年代中期的认知科学。认知科学是研究人、动物和机器的智能本质和规律的科学，研究内容包括知觉、学习、记忆、推理、语言理解、知识获得、注意、情感等统称为意识的高级心理现象。认知科学从诞生之日起，就从多学科的视角来研究学习。到20世纪70年代，认知科学家开始研究人类是怎样解决问题的，关注数学、科学、阅读和写作等学校教育教学中涉及到的重要问题。他们发现专家与新手采用不同的方式来解决各种学习领域中的问题，认为专家与新手的区别是理解学习的第一步，“学习就是新手变

为专家的过程”[1]，追踪这一过程中的思维变化可以研究学习的产生。20世纪90年代以后，认知科学转变了脱离学习情境、关注静态知识的实验室研究方式，转而重视学习者的思维与求知过程。认知科学对表征、专家知识、问题解决和思维等的研究，成为学习科学的核心概念。经过20余年的发展，《学习科学杂志》于1991年创刊。2002年“国际学习科学协会”（The International Society of the Learning Sciences）成立。目前美国的西北大学、斯坦福大学等许多著名大学都设立了学习科学专业，从认知科学的角度来探究学生的学习。

在认知科学发展的同时，与此相关的另一门新兴学科也在形成之中。美国心理学家George Miller于20世纪70年代提出了“认知神经科学”一词，率先将脑科学和认知科学结合起来。在70年代“脑的十年”里，随着脑成像技术的发展以及Michael S. Gazzaniga、George Miller、Michael I. Posner等一批认知神经科学家卓有成效的研究，认知神经科学迅速发展起来。认知神经科学的研究任务在于阐明自我意识、思维想像和语言等人类认知活动的神经机制，研究脑是如何调用各层次上的组件，包括分子、细胞、脑组织区和全脑去实现自己的认知活动的。[2] 教育与认知神经科学结合起来的研究已成为当前国际上备受关注的新兴研究领域。1999年经济合作与发展组织启动了“学习科学与脑研究”项目，目的是在教育研究人员、教育决策专家和脑科学研究人员之间建立起密切的合作关系，通过跨学科的合作研究来探明与学习有关的脑活动，从而更深入地理解个体生命历程中的学习过程。2003年11月，“国际心智、脑与教育协会”成立，标志着科学界与教育界更加紧密地合作起来，共同研究人类学习与学习科学。

目前，许多国家的政府都采取了一系列重要措施，大力支持脑与学习科学的研究与应用工作，并将它提到了国家科技与教育发展的重要议程。新世纪伊始，美国国家科学基金会就积极酝酿筹办学习科学研究中心以及学习科学孵化中心。从2004年起，美国国家科学基金将投入9000万美

---

① Bruer, J.B. (1993) Schools for Thought: A Science of Learning in the Classroom. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press. p.2.

② Gazzaniga, M.S.:《认知神经科学》，沈政等译，上海教育出版社，1998年。

元，正式建立四个学习科学中心。除此之外，还建立了若干个学习科学孵化中心。这些学习科学中心分别从生物、认知、计算机、数学、物理、社会科学、工程以及教育等多种学科交叉的角度来研究学习，甚至还涉及到机器学习、学习技术以及所有有关学习的数学分析与模型的研究。日本政府也非常重视脑科学与教育的研究，日本文部科学省于2003年元旦启动了庞大的"脑科学与教育"研究项目。2004年，欧洲启动了由8个不同国家的实验室共同合作的研究项目"计算技能与脑发展"项目，研究计算能力的脑机制，并将研究成果运用于数学教育。这些研究组织与机构的创立表明，无论在北美洲、欧洲，还是在亚洲，全方位、多层面的学习科学研究已经蓬勃地开展起来。

我国对学习的研究已有悠久的历史。在古代，人们把"学习"看作是包含"学"与"习"两个独立环节的过程。"学"是指人获得直接与间接经验的认识活动，兼有思的含义；"习"是指巩固知识、技能等实践活动，兼有行的意思。[①] 最早将"学"与"习"联系起来强调"学"与"习"之间内在联系的是孔子，他说："学而时习之，不亦说（悦）乎!"（《论语·学而》），又说："学而不思则罔，思而不学则殆"（《论语·为政》），说明"学"是"习"的基础与前提，"习"是"学"的巩固与深化，在学习的过程中可以感受到愉悦的情绪体验，揭示了学习、练习、情绪、思维之间的关系。由此可见，我国古代把学习看作是学、思、习、行、情的总称，对学习的这种探讨已经触及了一个重要的科学研究问题：学习过程中认知、情绪、行为三者之间的统一关系。

20世纪初期与中期，我国有一些学者出版了有关学习的论著，如杨贤江撰写的《学习法概论》(1923)、周冰原撰写的《学习观点与学习方法》(1950)等。经过多年的发展，20世纪70年代末到80年代初，开始形成了学习学的理论与实践研究，并出版了大量专著，学习学的研究在全国展开。1987年6月，在南京召开的"全国第一届学习科学讨论暨讲习

① 桑新民：《学习究竟是什么？——多学科视野中的学习研究论纲》，《开放教育研究》第11卷第1期，2005年2月，第8-9页。

班”成为学习学研究历史上的一次重要会议。此后，全国学习学专业机构纷纷成立，并多次举办了全国性的学习学会议。学习学的理论与实践研究也有了新的进展。但是，目前学习学的研究仍然停留于行为研究与思辨层面，关注较多的是学生的学习心理研究、学习规律的观察与总结、学习经验的交流、学习方法的指导等方面，而对脑与学习的关系则探讨较少。

20 世纪 90 年代中后期，在当时国务院科技领导小组、国家科技部、教育部、自然科学基金委的支持下，我国开始重视脑科学与教育的研究，并多次举行专题研讨会。以脑科学研究为基础的学习科学才逐渐受到关注，并成立了专门的研究机构。2000 年，教育部在北京师范大学建立了认知科学与学习教育部重点实验室；2002 年，韦钰院士在东南大学发起成立了学习科学研究中心；2005 年，国家科技部在北京师范大学成立了“认知神经科学与学习”国家重点实验室；脑的学习功能与生理机制的学习科学研究受到了重视。

北京师范大学“认知神经科学与学习”国家重点实验室的主要目标是研究人类学习的脑机制，并将研究成果运用于学校的教育教学与学生的心理健康发展。我们从认知科学、认知神经科学的角度，围绕“学习与脑可塑性”这一核心问题，研究学习的一般机制和特殊规律，已经在认知能力的发展与促进，社会认知、行为的心理与神经机制，认知障碍，英语、汉语以及汉英双语表征的神经机制与学习方面取得了许多研究进展和突破。我本人也主持了国家攀登项目、国家杰出青年基金项目、科技部重点国际合作项目、教育部人文社科重大项目等重要课题，组织北京师范大学和国内外有关专家从多学科角度进行联合攻关，在脑与学习科学的研究方面取得了许多有价值的成果。

近年来，在各国的重视下，脑科学已经开始运用于教育，其取得的初步成果和出现的问题，对我国开展该方面的工作均有重要参考、借鉴意义。为此，我们决定组织“脑与学习科学新视野”译丛，根据我国学习科学研究与学校教育的需要，选择国际学习科学研究中最权威、最重要的研究成果介绍给教育科学工作者、决策者与实践者，尤其是有志于从事脑与学习科学研究的工作者。译丛中的书籍分别从认知科学和认知神经科学的

角度来阐明学习科学。有些书籍是不同国际组织召集国际上资深科学家研讨而成；有些书籍勾勒出脑与学习科学的具体研究框架；有些书籍让大家了解脑与学习科学的最新研究进展。因此，本译丛最大的一个特点在于，其作者均为脑与学习科学研究领域的国际著名专家或者相关国际研究组织，这些书籍也都由国际知名出版社出版发行。原书作者的许多见解有助于我们更好地把握国际脑与学习科学发展的趋势与存在的争论，有助于促进我国脑与学习科学的研究工作。

值此译丛出版之际，我要对译丛中各著作的原作者和出版社表示谢意；我还要感谢教育科学出版社的同志细致、耐心的工作；感谢参与本译丛翻译的老师和研究生们所付出的辛勤劳动。同时，我还要借此机会感谢国务院科技领导小组、国家科技部、教育部、自然科学基金委长期以来对脑与认知神经科学方面基础研究和应用研究的大力支持。

我希望本套译丛将对我国脑与学习科学的研究以及学习科学研究人员的培养有积极的启示与帮助；我也希望本套译丛将对我国的教育决策、教育研究范式的改革、课程与教学设计带来有益的启示。

董　奇

2006年6月26日

于北京师范大学

前　言

1999年，经济合作与发展组织（OECD）教育研究与革新中心（CERI）启动了“学习科学与脑研究”项目。这个新项目的目的，一方面是鼓励学习科学与脑科学研究之间的合作，另一方面是鼓励研究者与决策者之间的合作。教育研究与革新中心管理委员会认识到，这是一项既充满挑战而又回报丰厚的艰巨任务。该项目极有可能有助于更好地理解整个生命过程中的学习，同时还必须解决一些重要的伦理问题，对于这两点，人们尤为认同。总之，这些可能性与研究所关涉的问题都强调必须在不同的利益相关者之间进行对话。

尽管在过去的10年间，基础研究方面已经取得了巨大的进步，但是脑科学的研究成果才刚刚开始应用于学习领域。也许由于历史上脑科学研究者与学习科学研究者之间缺乏直接的联系，学习科学已经利用的脑科学研究成果数量仍然很少。在脑科学研究成果如何应用于学习科学方面还没有达成一致，但是在这两个研究领域之间架起沟通桥梁的理由已经非常充分。如，对脑可塑性与学习在个体生命周期中不断变化的研究已经取得了新的研究成果，新兴的非侵入性脑成像技术衍生出全新的研究方法。脑科学与学习科学研究者以缩短这两个研究领域之间的距离为己任，可以取得出更有价值的成果。

本书的目的就是概要地介绍目前已知的、短期内即将揭示的以及最终可以了解的脑科学研究成果。为了易于非专业人士理解，本书力求避免使

用高深的专业术语。本书的内容来自经济合作与发展组织 2000 年 6 月在纽约（“脑机制与早期学习”）、2001 年 2 月在格兰纳达（“脑机制与青少年学习”）、2001 年 4 月在东京（“脑机制与老年学习”）举行的三个论坛；本书还提出了该项目下一步的行动计划。

项目启动伊始就得到了下列组织与机构在资金以及其他方面的大力支持：美国国家科学基金会（研究、评价与交流学部/教育处）；英国终身学习基金会；西班牙格兰纳达市；日本文部科学省。美国萨克勒研究所(Sackler Institute)、西班牙格兰纳达大学、日本理化学研究所脑科学研究所提供了科学、资金与组织上的支持。

本书的第一和第三部分由 Christopher Ball 爵士撰写，第二部分在经济合作与发展组织秘书处的协助下由 Anthony E.Kelly 撰写。Christopher Brookes、Stanislas Dehaene、Hideaki Koizumi、Stephen Kosslyn、Bruce McCandliss、Michael Posner 和 Emile Servan-Schreiber 分别审校了全书或部分章节。秘书处的 Jarl Bengtsson 参与了该项目的启动工作，并一直支持该项目的研究；Vanessa Christoph 提供了后勤上的支持；Bruno della Chiesa 是该项目的协调人；经济合作与发展组织秘书长负责本书的出版工作。

致　　谢

经济合作与发展组织秘书处衷心感谢所有参与论坛的人员，他们的努力使这些论坛的举办成为可能而且取得了成功；感谢那些帮助经济合作与发展组织秘书处撰写本书的人；感谢那些既参与论坛又帮助本书撰写的人，他们是：英国德比大学校长 Christopher Ball 爵士；英国教育和技术部的 Richard Bartholomew；法国翻译 Jean-Daniel Brèque；英国终身学习基金会会长 Christopher Brookes；美国麦克唐奈基金会会长 John Bruer；法国国家健康与医学研究院 Stanislas Dehaene；西班牙安达卢西亚区政府顾问 Juan Gallo 及其团队；美国国家科学基金会研究、评价、交流学部/教育处处长 Eric Hamilton 及其团队；日本理化学研究所脑科学研究所所长 Masao Ito 及其团队；美国乔治梅森大学教育学院教授 Anthony E.Kelly；日本日立股份有限公司高级研究实验室首席科学家 Hideaki Koizumi；美国哈佛大学心理系教授 Stephen Kosslyn；美国康奈尔大学威尔医学院萨克勒研究所心理学副教授 Bruce McCandliss；西班牙格兰纳达市市长 José Moratalla Molina 及其团队；美国康奈尔大学威尔医学院萨克勒研究所所长、精神分析心理学教授 Michael Posner；日本文部科学省顾问及科学促进协会会长 Teiichi Sato；法国国际顾问 Emile Servan-Schreiber；西班牙格兰纳达心理学教授 Pio Tudela；美国国家科学基金会项目负责人 Kenneth Whang。

另外，秘书处对美国国家科学基金会发展与学习科学项目的已故主任 Rodney Cocking 表达衷心的感谢，我们将永远缅怀他。

目　　录

导　　言

二三十年前，本书不值得写；而二三十年后，本书又不值得回顾。但是今天，本书的写作不仅及时而且意义重大。生活于当代的人是幸运的，因为他们看到了脑科学的迅猛发展，看到了对人类学习的理解日益深入。本书是一门（更确切地说，是几门）迅速发展的学科的“进展性报告”。经济合作与发展组织教育研究与革新中心率先将几个学科的研究人员召集在一起，来了解彼此之间怎样才能互通有无、相互促进，以跨学科的合作方式来阐述“学习与脑”之间的关系。

本书的目的有三个：

- 报道认知神经科学、心理学、教育、保健、政策等不同学科之间所进行的创造性对话，并进一步促进这种对话关系的形成；
- 研究认知神经科学与教育及教育决策之间可以各自为对方提供哪些有价值的观点；
- 在理解人类学习方面，教育领域有哪些问题需要借助其他学科的帮助。

教育学不是一门独立的学科。同医学或者建筑学一样，教育学依赖其他学科作为其理论基础，但是与医学和建筑学不同的是，教育学仍然处于发展的初级阶段，只是一门艺术，还不是科学。

请看下列叙述：

"'今天，医学教育的显著特征是将理论和科学知识与人类护理实践经验所传递的信息完全融合起来……'教师培训也能这样吗？青少年或者成年人的教学实践经验揭示，动机、自信和成功范例是非常重要的。有了这些，学习一般都能达到成功，而缺乏这些，学习几乎不可能成功。从教学实践经验中直接观察到的这些要素还没有得到可靠的科学理论知识的支持。学习科学，作为人类心理学的一个分支，仍然处于婴儿期。学习理论既缺乏预测性又缺乏说服力，因此还处于前科学阶段。我们还没有充分地理解孩子与成人是怎样学习的，因而还不敢提供教育或者培训的承诺。教育学尚处于初始阶段，它利用一系列成功学习的范例，对有效教学实践进行澄清与分类；但是它还在等待着教育界的达尔文来提出具有说服力的学习理论。"①

今天，教育学还是一门前科学，依赖于心理学（哲学、社会学等）作为其理论基础。本书主要探讨的是，在不久的将来，认知神经科学可能为理解学习与教学实践提供更加坚实的基础。有人认为目前这座桥梁还过于宽阔。② 过去当然如此，但是未来怎样？我们将拭目以待。无论如何，即使错了也比置若罔闻好。

人们普遍认为，理解人脑是科学中的最后一个堡垒。毫无疑问，随着人类知识的积累，科学总是会有新的探究点。然而揭示脑的复杂性是这一征程中迈出的一大步。理解脑的科学研究已经取得实质性的进展。本书的写作目的是概述目前已知的、不久的将来可能揭示的以及最终可能掌握的知识。但是目前可以做的最佳方法，就是从变动不居的电影中截取一幅静态的画面。

---

① Ball, C. (1991), *Learning Pays*, RSA, London.

② 如 John Bruer 博士具有说服力的观点，见第四章。

的确，教与学的科学可能尚处于婴儿期，但是它的发展也是非常迅速的。一些迹象表明，现状也许是不稳定的：这包括 19 世纪末以及整个 20 世纪那个伟大的教育项目的失败（相对而言），新学习技术的影响迫在眉睫，当然还有认知神经科学的进展。一个多世纪以来，1/6 的青少年[①]（以及成年人在回忆他们孩提时代时）说他们“讨厌学校”；同样比例的人由于没有很好地掌握读写能力与计算能力而失业；同样比例的人逃学、旷课或者开小差。许多国家的历任政府千方百计地改变这种状况。但是，这或许是一个无法解决的难题？或许我们所谓的传统教育必定要排斥其中 1/6 的学生？或许学习的课堂模式是“不适于脑的”？

诸如此类的问题，以及计算机的出现，对国家控制的社会服务设施的效率与日俱增的怀疑，认知科学的新发现，所有这一切都对传统教育的一些基本要素——学校、教室、教师（这就是我们今天所理解的这个专业），甚至课程以及如智力或能力这类概念提出了挑战。

虽然大多数人对这些问题比 20 年前更没有把握，但是毫无疑问，那些践行教育艺术的人可能会洞悉人类学习的奥秘，而这将为科学家提供有待验证的假设。认知神经科学（包括心理学）与教育之间的道路不会也不应该是单向的。教育者凭感觉与经验常常可以鉴别出需要科学研究与解释的问题，例如，早期学习、自尊与动机等都非常重要。

以下文本面向普通读者。为了让非专业人员能够理解，文中尽量避免高深的专业术语、专业论争以及专业领域辩护。但是，必须告诫读者，对我们拥有共同的话语和概念体系的这种假设应持谨慎态度，如“可塑性”（plasticity）这一术语在脑科学中是核心词，但在教育中却很少听说；而教育中的核心词“智力”（intelligence）在脑科学中却很少涉及，这说明不同的研究方法会得出不同的观点。但是这无关紧要。描绘新领域的人总是运用多种观点进行三角互证。更危险的术语是“刺激”（stimulation）一词，在脑科学与教育这两个学科中都普遍运用，却不一定指同一件事情。

① 这一数据来自英国，但是根据最近经济与发展组织所做的 PISA 研究的第一个结果，在发展中国家，情况更糟［见：*www.pisa.oecd.org*；and OECD (2001), *Knowledge and Skills for Life—First Results from PISA* 2000, Tables 4.1 and 4.2, pp.265 - 266］。

因此必须谨慎行事，仔细思考，了解目前学习与脑的合作研究报告可以写得多深。

下面列出10个有关人类学习的问题，这些问题都非常重要，有待于诸如本书这样的一类报告来阐明。每一个问题都与促进学习的问题有关，不管这种学习的成功是根据学术成就还是职业成就、社会责任还是工作责任或者是个人的满足感来测量的。

1. 在促进成功学习方面，先天与后天之间处于怎样的平衡状态?

基因决定了我们的终身吗？例如，我们可以学会更快速地学习吗？在极端的基因决定论与“假如孩子拥有良好的家庭和学校环境，一切都是可能的”这种想像之间的平衡点在哪里？

2. 生命的最初几年对于成功的终身学习有多重要?

有人认为，我们的早期经验在培养积极态度、形成重要技能，为初等、中等与成人教育奠定坚实的基础方面发挥了非常重要的作用。这些观点有时受到批判，被归为“早期学习的谬误”（the myth of early learning)。婴幼儿脑有哪些发展阶段？我们怎样才能促进婴幼儿的健康成长？

3. 区别“自然发展”和“文化教育”有什么意义?

孩子天生就能学会走路、说话。除非严重残疾或者惨遭虐待，他们都会走路与说话，而且发展的速度几乎一样。而学习三角学或探戈则不同：这些技能都不是天生的。不存在掌握这些技能的“标准年龄”，也并不是每一个人都能学会。虽然模仿是自然发展与文化教育的一个重要策略，但是它们的过程似乎不同，这个观点正确吗？脑是以某种特定的方式来执行自然发展程序，还是对“文化教育”类的学习经验具有普遍的接受能力？

4. 如果这种区别很重要，那么我们怎样才能最好地促进这两种类型的学习——“自然发展”与“文化教育”?

如果说“生命早期的谬误”①是存在的，那么它源于没有考虑到这一区别的意义。“自然发展”似乎只需要一般的条件，如“好的”家长、舒适的家居条件、充足的饮食。爱、刺激、营养、练习、交谈以及良好的环境可能满足了婴儿健康“自然发展”所需要的一切。而“文化教育”则不同：如果你想学习阅读、舞蹈或者开车，那么从一开始你就需要教师。对生命的早期而言，多少“文化教育”是合适的，我们怎样才能提供这种最佳的文化教育?

5. 具体态度、技能与知识的学习在多大程度上是依赖于年龄的?

发展性学习（“成熟”）显然与年龄相关。例如，伴随着青春期的是对异性的意识、兴趣以及与异性相处的能力不断提高。那么构成正规“文化教育”课程的态度、技能和知识是否也与年龄相关呢？例如，果断性、小组合作能力以及辨色能力是在幼儿园里学会的，那么阅读、第二（或者第三）语言学习、养育子女的能力、领导能力、包容性、冲浪运动能力、钢琴、下棋、微积分、急救、烹调、问题解决、自我意识、舞蹈等又是在何时学会的呢？在某个年龄段，人脑对其中一些特别容易接受吗？如果这样，是何原因，又是以何种方式进行的呢?

6. 为什么矫正教育如此困难?

这一问题也许与上一个问题是相对应的。由于伤害或者虐待，错过发展阶段的孩子很难在以后赶上。如果10岁还不会走路或者说话，也许将永远遭受折磨。脑对于其他类型的学习尤其是“文化教育”课程的接受能力是逐渐下降的吗?

① Bruer, J.T. (1999), *The Myth of the First Three Years: A New Understanding of Early Brain Development* and Lifelong Learning, Free Press, New York.

7. 对不同的"学习方式"有哪些研究成果?

如果人们有不同的学习方式，那么关键问题似乎在于，这些学习方式是与生俱来的还是在成长的过程中形成与学会的？人们常常说有人擅长通过眼睛学习，有人喜欢通过耳朵学习，还有些人喜欢通过触觉和感觉学习，虽然事实更可能是我们都喜欢多种学习方式的不同组合。① 也有些"学习方式"的研究将学习者分为渐进型学习者（渐进型学习者相信学习需要毅力，只有通过坚持不懈的努力才能达到理解，知识的掌握是渐进的——译注）、"目的明确型"学习者、反思型与实验型学习者、擅长一两种能力的学习者（如语言、数字、音乐）、社交型或者孤独型学习者，等等。然而，目前还没有形成统一的学习方式理论②，脑科学对这一问题能提出哪些研究成果?

8. 什么是智力?

智商理论主宰教育界一个多世纪。它以一种极端的、简单的、大众化的形式表明，我们的智力是单一的存在，是生而固定的，这成为制约学习潜能有效发挥的一种玻璃天花板。这肯定是对人类智力的一种不正确、不准确的阐释。但是有些人似乎确实比其他人学得更快——或许他们学习"某些东西"比其他人更快？我们轻率地标之为"笨的"与"聪明的"孩子在脑方面有什么差异？我们拥有的是"多元智力"还是单一智力?

9. 什么是情绪智力?

如果说大脑的边缘系统是情绪之所，大脑的皮层是理智之源，那么我

---

① 另外，常识表明，学习方式可能不仅依赖于主体（学习者），而且还依赖于客体（内容），依赖于主体处理客体的方式。

② 经济合作与发展组织秘书处希望在这本根据脑的个体差异与不同学习方式的观点而写的书中明确地表明，它不同意这样一种解释：即试图将某种基因与智商联系起来，因而可能会对人类共同体中某些群体含有种族主义者的意味。这种解释应该受到谴责，作者希望坚决不研究这种观点。在这个项目中不研究，在脑科学研究和学习科学领域将要从事的项目中也不进行这类研究。

们谈论“情绪智力”的意义何在？“情绪智力”是指情绪的自然成熟，还是情绪的教育与训练问题？我们如何解释这一矛盾：智商理论似乎不可信，却显然可以测量；而“情绪智力”虽然合乎人意，却不能测量。

10. 动机是如何发挥作用的？

好恶的科学依据是什么？为什么人们感兴趣的、兴奋的、厌倦的或者抵触的东西是不同的？脑中“想要”某物与“渴求”某物之间的差异是由什么造成的？当人们的动机改变时，或者当他人鼓舞我们为一个新的目标而奋斗时，脑内发生了什么？

虽然这些问题非常重要，但是可能过于概括。像本书这样的报告也许可以揭示一些有价值的观点。我们不能指望它们提供一幅完整的学习“新图景”，但是期望它们能够扭转现状。我们对人脑，尤其是生命早期的脑了解越多，对传统课堂教学模式以及正规教育的强制性课程就越感觉不舒服。在力图评价母亲的养护与幼儿保育机构、儿童的在家教育（home schooling）与正规教育、青少年的自然兴趣与严格的国家课程之间的相对优劣时，这种感觉愈加强烈。目前青少年的教育安排是否设计得最能够促进想像力与创造性、自信与自尊的提升①，似乎还存在着疑问。对所有年龄段的人，尤其是青少年来说，都需要重新考虑游戏的重要性、（挑战与威胁所造成的）应激的作用以及人类多样性的意义。这方面还可以列出很多。

① 在东京论坛上，Akito Arima 博士［综述了第三次国际数学和科学调查（TIMSS）的数据］注意到，需要从生命早期就开始培养学生的创造性思维（见 the Tokyo report on the OECD website：www.oecd.org/pdf/M00022000/M00022657.pdf）。

第一部分

前　提

第一章　教育形势

我有六个诚实的仆人
(他们教会我所知道的一切);
他们名字是“什么”、“为什么”、
“何时”、“怎样”、“哪里”和“谁”。
——拉迪亚德·吉卜林 (Rudyard Kipling)

“教育是废墟，但是你可以在废墟中找到珍宝。”大约10年前，一位男生作出了这样的评论。这个评论清晰地勾勒出现代教育中的矛盾：良莠并存。19世纪，为人民建立普遍、强迫、免费初等教育的那些发达国家的崇高理想还没有完全实现，却有这么多人告诉我们，他们讨厌学校；[①] 他们由于没有学会基本的读写技能和计算技能而失业；他们逃课、逃学或者“开小差”。

然而受益于良好教育的人不会怀疑教育的价值。

① 见：*www.pisa.oecd.org* and OECD (2001), *Knowledge and Skills for Life—First Results from PISA* 2000, Tables 4.1 and 4.2, pp.265-266.

学习是健康、财富和快乐之源。教育是通向美好生活的途径。学习给人以回报，让人获得能力。从出生一直持续到老年的有效学习，可以给予每个个体提升生命质量的最佳希望。“为了每一个人的终身学习”这一短语概括了研究学习的最重要的新议题。这一短语表明，最近几年，学习观念和教育态度发生了很大的变化，而且这一切仍然在变化之中，至少在社会所赋予的重要性方面发生了变化。20 世纪后半叶，人类学习从政府与选民不甚关注的对象上升为世界范围内的主要问题，现在成为许多国家重中之重的课题。

人们随处都可以找到这种变化的证据。媒体热衷于学习论题的报道。学习的服务市场迅速发展，政府疲于应付推广幼儿教育、提高学校质量、提高高等教育入学率等多种挑战。各种组织与商业部门正努力向“学习型组织”转型。个人制定自己的学习计划，将“终身学习”的理念变为现实。今天，几乎没有人会认为迪斯累里（Disraeli）在 1874 年所说的话是错误的：“一个国家的命运取决于这个国家的人民的教育”。然而这个矛盾仍然有待于解决，什么样的改革才能有助于我们不再向学生提供“废墟中的珍宝”？我们是否应该酝酿一场革命？

1.1 为何学，何人学

社会的发展往往经过三个阶段：贵族社会、精英社会与民主社会。贵族社会敬重特权，精英社会重视功绩，民主社会注重人文。今天，过去的特权社会已经难见踪迹，特权不再流行。没有人会认真地争辩说最优秀的人来自“最优秀”的家庭，或者这些人应该享受最好的教育，得到最好的工作。在精英社会，似乎仍然存在着这种现象，这是因为它也同样崇尚特权。[①] 但是在精英社会或者民主社会，阶级、种族、宗教、性别、年龄等因素以各自不同的方式造成教育歧视。

① 见：OECD (2001), *Knowledge and Skills for Life—First Results from PISA* 2000, Tables 6.1 (a, b, c), 6.2 and 6.3, pp.283 - 287, Table 6.7, p.291, Table 8.2, p.309.

精英社会的原则是给予那些展示了最佳才能的人以权力和影响，而在民主社会，教育的一个主要功能是根据“能力与性向”来筛选人。贵族社会“知道”谁是最优秀的人，并因此而奖励他们。精英社会“寻找”最优秀的人，并慷慨地给予奖励。在这两种情况中，初等以上的教育与学习机会都是定量配给的，只给予最优秀的人。[①]

当然，贵族社会与精英社会还参照其他三种相关因素来使他们的选择性教育体系合理化——就业需求、智力范畴以及将能力高的人与能力低的人分开从而使他们可以学得最好的这一假设。19 世纪的经济需要大量的海员、工人以及佣人，而对管理人员、咨询人员或者教授的需求则相对较少。今天则相反，就我们的目力所及，21 世纪需要更多的脑力劳动者，而对体力劳动者的需求减少。在发达国家，几乎不存在不要求能够阅读报纸这种最基本读写能力的工作，不需要思维能力的工作正逐步消失。工作场所对教育体系以及每个个体终身学习的要求逐渐增加。

对于教育者来说，“智力”是——或者应该是一个非常尴尬的词语。虽然并不是每个人都认为“智力”与“智商”是等同的，但是我们谈论它就好像我们已经理解了它；我们评定它就好像智商是可以测量的。我们肯定地给学生分类，然而，实际上我们对人的智力并没有了解多少。流行的简化的智商理论告诉我们，智力是单一的存在，是终身不变的，这种观点为大多数人设置了一种玻璃天花板，阻止他们进一步学习。所有这三种观点都可能是错误的，加德纳（Howard Gardner）的著作[②]让人们相信多元智力的理论，戈尔曼（Daniel Goleman）[③]提出情绪智力（EI）的新概念，使得智力的画面更加复杂。无论智力是什么，毫无疑问它都会是非常复杂的。

许多个体用自己的生活与学习经历来说明智力是固定的、不可改变的。如果不是愚蠢至极，人们就会质疑这一观点。许多在学校毫不起眼的人后

① 例如，英国 11^{+} 考试和选择性的文法学校过去是、现在仍然部分是精英社会的工具，义务教育后教育机构或者高等教育的选择与严格的入学是服务于相同目的的。

② Gardner, H. (1983), *Frames of Mind*, London.

③ Goleman, D. (1995), *Emotional Intelligence*, New York.

来在函授教育机构获得文凭，在工作岗位上表现得非常出色。同样，有些人在学校里表现优秀，却在成年生活中苦苦挣扎。确实，大体来说，有些人学习的速度比其他人更快，但是我们的学习速度（这可能是智力概念的核心要素）深受诸如自信心、动机和学习环境的适宜性等因素的影响。

人类智力受到严格限制或者缺乏智力的观念在今天看起来很奇怪。40年前，经济合作与发展组织的成员国中只有很少人上大学，而今天，30%以上的人都可以上大学。事实证明，1963年英国发布的《罗宾斯报告》是正确的："如果要谈论能力，那么这些能力一定胜过《旧约》中的寡妇之坛[①]（意指取之不尽的资源——译注）。某一代人中接受高等教育的人越多，下一代中接受高等教育的人就会更多。"随着越来越多的人修读高等教育课程并取得成功，对人的智力的局限性（就教育成就测量而言），唯一可以肯定的是，它们是未知的，而且一直在我们的预料之外。

这种观点并没有否定下列可能性：遗传在某种程度上会限制我们的学习潜能，或者儿童脑的早期发展对后续学习的影响很大，或者成功往往会带来更多的成功（失败会带来更多的失败）。它所主张的是，人人都可以深造。

常识似乎表明，能力高的人如果与能力低的人分开会学得最好，虽然这还不肯定，但是无论如何，如果能力低的人与能力高的人分开则会学得更差。[②]半个多世纪来，看到大众教育的社会价值的人与看到精英教育的教育价值或者社会价值（对于有能力者而言）的人之间产生了争论。从某种意义上来说，双方都是对的，尽管双方都认为很难证明对方观点的合理性，也许原因在于双方的目标和价值观都不同。

在有关学习的研究议题中，隔离是一个非常重要的问题，因为，我们从精英社会迈向民主社会的进程中，精英教育存在的理由就消失了。民主社会寻求其所有成员的自我实现，而不仅仅是那些被选拔出的最有能力的人。它提供的就业模式要求所有的人都要终身学习并对他们进行奖励。因

① 见 1 Kings 17，10－16.

② 见 OECD (2001)，*Knowledge and Skills for Life—First Results from PISA 2000*，Table 2.4，p.257 and Figure 8.4，p.199.

此，它相信每个人的智力与学习潜能，并对每个人的智力与学习潜能都抱有很高的期望；它反对隔离与选拔，尽管（有些人）感受到选拔体系（常常对于他们而言）的好处。

不管这场争论的结果如何，人类群体往往遵从共同理解的规范。被选拔出来的群体比其他群体更遵从这种规范。我们可以比较学校与家庭环境中孩子的行为，或者工作场所与家庭中的成年人。不管是在学校或者是工作场所，同伴群体在场，都可能引发遵从行为。在多样化的环境中，我们的行为似乎更加自由，我们不受同伴的限制，更能够成为自己，实现自己的潜能。

有人断言，取得杰出成就的人往往在幼年经历了三个重要条件：与“热心的、高要求的成年人”大量交往①，一套让学习者拥有许多空间做实验、进行创新的探究性学习课程，限制他们与对学习有负面影响的同伴群体交往。当然，同伴群体实际上也可以是支持性的，为学习者提供积极的挑战。但是负面影响如果不比正面影响更大，也至少是同样大的。

鼓励所有民众终身学习的民主社会，面临着从先前精英社会继承下来的教育体系的巨大挑战。这一体系的目的在于选拔与奖赏大多数有能力的人，能否对它进行改革，以帮助每一个人实现其（多种）潜能？或者，如果改革是不可能的，那么能否在对学习的研究中掀起一场教育的革命？

民主社会中，在鼓励每个人参与终身学习、并为每个人提供终身学习这一目标上，人们或许可以达成一致，但是对于其目的可能会有许多不同的意见。有些人看到经济论的优势，认为“世界级的劳动力”可以促进国家的繁荣，提高在全球经济中的竞争力②。有些人更赞同公平论，他们希

① 见 OECD (2001), *Knowledge and Skills for Life—First Results from PISA* 2000, Tables 6.5 and 6.6, pp.289－290.

② 同时，有研究表明［见 OECD (2001), *Cities and Regions in the New Learning Economy*, Chapter 4, p.37]，一定人口中，获得中等教育的人数对经济绩效有最大的影响。而且这种教育成就在很大程度上与学校体系所提供的“容量”有关［see OECD (2001), *Knowledge and Skills for Life—First Results from PISA* 2000]。换句话说，教育中的公平，在认真而又自愿地执行时，似乎不仅与经济绩效相匹配，而且也是竞争的重要要素。

望民主的学习型社会更有助于消除先前贵族社会和精英社会所遗留下来的不公平。还有些人意在扩大人的自我实现潜能，他们理解并接受投资个体终身学习后可能会产生各种不同的结果。这三种相互对照的观点隐含着第四种观点：那些有意识与无意识地认为精英观念是有价值的人，力图保留某些选拔形式。

同时达到所有这些要求是不可能的，我们必须作出选择。经济论和人的自我实现论是相辅相成的，并且具有说服力。为每个人提供终身学习的机会可以显著地降低贵族社会和精英社会的不平等，但是新的不平等又可能取代它们。真正的民主主义者反对精英主义——同时又冷漠地认识到，他们常常是这种体系的受益者。但是，如果你不知道“为什么”学习很重要、“谁”应该喜欢学习，你就很难找到与终身学习有关的许多问题的统一答案，这一点仍然是不争的事实。

1.2 学什么，何时学

与前述“为何学，何人学”的问题一样，我们应该学习什么、何时学习的问题也是相互关联的。如果学习模式仍然居于“基础教育”的核心地位（学习模式也许对于“继续教育”的作用不大)，那么大中小学的课程就会尽可能地包含有价值的内容，以免学习者可能失去最佳的受益机会。但是如果我们在谈论终身学习时言为所言，那么就有可能减轻青少年的课程负担，将需要的课程安排在整个生命历程中。① 例如，三角学、日语、拉丁美洲的历史地理都是有趣的科目，但是它们对欧洲人的基础课程来说都不那么重要。那么该学习些什么呢?

现有的国家课程模式似乎都试图包含所有必要的知识。与此不同，我们也许可以考虑一种“最低限度的、完整的核心课程”。那么它可以由哪

① 将来，获得认知功能的“敏感期”可能是设计这种“必要课程”的有用工具。见第4.5.3以下，Hideaki Koizumi 博士关于“reorganisation of educational systems based on neuronal plasticity”的讲话。

些科目构成呢？母语的读写能力（阅读、书写、听说）以及至少一项其他[①] 知识，计算能力、文化素养（包括历史、地理、科学、技术等核心课程以及形成音乐、艺术、戏剧和运动技能的机会）、个人与社会技能、价值与伦理、学习方法（当然包括认知神经科学的要素：人脑的性质、脑的学习方式等），……还有什么？这种“核心知识课程”将为学得快的学习者提供大量的空间与时间来探究其他学科和广泛领域，而学得慢的学习者至少拥有良好的机会来学习我们都必须知道的、必须理解的知识或者能够做的事情，在生活与工作中发挥积极的作用。

传统上，课程由三个要素构成：知识、技能和态度（KSA）。传统教育课程往往重视知识甚于技能、重视技能甚于态度。而在生活和工作经验中则重点不同：态度甚于技能、技能甚于知识（ASK）。积极的态度（如责任感、希望、信心和信任）对于美好生活或有价值的职业都是很关键的。技能（如交流、合作、组织以及问题解决）也非常重要。在世界上如此之多的知识储备很容易从书本或者互联网上获得的时代，能够从人脑中来提取它就不那么重要了。[②] 挑战在于，为 21 世纪创建一个学习型社会（而不是“知识社会”[③]）；学习型社会需要 ASK 课程。

① 这里要提出两个问题：首先，一个人只学习一门外语（这可能是不够的）可能就应该学习英语，因为它被认为是今天的“世界语”［是当代的“共同语”］；但是，如果人们认为（至少）掌握第二门外语对于个人的竞争力越来越重要，那么这种“核心课程”还应该将英语作为母语不是英语的人必须首选的第一外语吗？第二，英语为母语的人应该免学外语吗，因为他们的母语就是“世界语”？对于这些问题很可能做出肯定的或者至少是自然的回答。但还不能肯定的是，课程中不包括外语对个体或者群体有无负面影响。尽管这是另外一回事，但是将来必须解决这个问题，尤其是外语习得（特别是早期习得）对脑定位（brain-mapping）（更不要说开放性文化思维了）具有积极的影响，这将为个体提供一种相对的优势（不仅仅是技术性的）；那样，没有学习任何外语的人可能会处于相对劣势的状况。

② 这就提出了另一个问题，这个问题与要获得的知识内容与结构有关：就是“事实知识”（信息或者“关于事实的知识”）与“原理知识”（“关于自然、人类思维以及社会运动的原则和法则的知识”）之间的重要区别。这是非常复杂的争论，因为没有最基本的“事实知识”，就不可能“学会学习”，获得“原理知识”。如果“从头脑中获取信息不那么重要”，那么在“最低限度的、完整的核心课程”中应该整合哪些基本信息的问题仍然是开放的。［要了解“事实知识”、“原理知识”的精确定义，深入了解这场争论，见 OECD（2000），*Knowledge Management in the Learning Society*, especially pp. 14ff. ］

③ 每一个人类社会都是知识社会，这似乎是很有道理的，但是并不是每一个人类社会都是学习型社会。

在许多科目上，青少年的脑比老年人的脑学习得更快，但是成年人学习的动机常常比孩子强。总体而言，对于学习的成功与否，动机比年龄更重要，当然两者的结合则是无与伦比的。掌握核心课程后，我们也许应该将上述必修的“核心知识课程”与“信任见多识广的学习者的要求”这一大胆的自由主义原则（TILD）联系起来进行思考。遵循这种原则的国家当然会对“核心课程”是由哪些要素构成的这一问题长期争论不休，而且在教育导向上会非常谨慎。

的确，“过去的美好”并不能保证“将来的美好”。在一个很少或者没有变化的社会，年长者的智慧与过去的阅历为年轻人提供了良好的指导。但是在快速与加速变化的时代，情况已不同于往昔。青年人可能比年长者更善于判断什么是他们必须学习的知识，什么只是他们想要学习的知识。在这两种极端的观点之间，可能迫切需要一种代际对话。

在成人生活中，TILD 原则应该成为我们的导向。在家里、在休闲活动中、在自我创业中或者在退休后，只要我们能够控制自己的学习，就存在着这个原则。我们学习自己选择的知识。工作场所则不同，一些短视的雇主仍然没有认识到为工作而学习的价值。其他一些人可能看到了职业培训和相关技能的价值，但是时至今日，却仍然怀疑在无偿地投资于整个劳动者队伍的学习方面是否存在非常确定的商机。还有些人则已经认识到“学习具有回报”的事实，有目的地向创建真正的学习型组织迈进。他们在与雇员合作的同时，遵循 TILD 原则，促进并鼓励自由的学习方式。

1.3 怎样学，何处学

人们怎样才能学得最好？最喜欢在哪里学习？有些人喜欢在家里学习，有些人喜欢在工作中学习，还有些人喜欢在大学里学习。“在家学习者”取得的优良成绩具有革命性的意义。学习方式多种多样，如根据媒介(眼、耳或手)、智力类型、性别、对理论或实践的偏爱、渐进型或“目的明确型”的学习等来分类。目前，对于学习方式无论在理论上还是在实践中都远未达成一致。我们所了解的是，如果学习者具有：①高度的自信心

与良好的自尊心，②强烈的学习动机，③在“高挑战”与“低威胁”的环境中学习的能力，那么就可能在学习上取得成功。

当下面四个学习障碍中的一两个阻碍学习的成功时，学习就会失败。这些学习障碍是：①缺乏信心和自尊心；②动机不高；③实际存在（或者感觉到）的不切实际的可能性（“太难了”或者“我不会做”）；④缺乏学习的机会。大多数教育争论聚焦于后两者，或者与“能力的范畴”、智商、性向等这类问题有关，或者与入学、平等的机会、设施的改善有关。尽管这些问题很重要，但是在今天的发达国家，它们不一定是学习的主要障碍。关注后两者而忽视前两者已经成为20世纪的一种偏离现象，因为对于学习者而言，主要问题在于信心与动机：教育者中普遍持有的这种观点本身成为科学研究沃土。

信心与自尊是动机（真正想学）的必要条件而不是充分条件。任何一个快乐的婴儿或者自我肯定的成人都表明了这个事实。所以未来学习的研究议题所面临的挑战非常简单：培育（或者恢复）婴儿天生的信心与自尊心。而“高挑战”与“低威胁”相结合的环境就可以做到这一点。威胁引起失败的恐惧；挑战培育成功的热望。

如果说“高挑战”与“低威胁”的结合是理想的，反之，“低挑战”与“高威胁”的结合则当然是有害的。下表显示了每种可能的组合及其对人类学习者（孩子或者成人）的可能影响。

	高挑战	低挑战
高威胁	“焦急的”	“愚蠢的”
低威胁	“聪明的”	“宠坏的”或“冷漠的”

良好的教育、有效的培训以及成功的学习发生于这张表的左下方。它们培育的是聪明（机灵、信心、自我肯定、高动机与快乐）的孩子与成人，使之成为“掌握型学习者”。学习者经历了其他三栏里的生活与学习

后，成为“依赖型学习者”，总是依靠他人为他们提供标准、动机以及自尊。[①]

今天，我们已经开始更深入地理解人类如何最好地学习以及如何为学习者提供最佳帮助的问题。信心和自尊（就像是牛奶与橙汁一样）是成功学习者的重要营养。这些品质对于有效的动机非常重要，但是就其本身而言还不够。动机高的学习者形成了追求成功的热情：他们理解学习的益处，祛除了个人的无能感和不适感，他们自己寻找良好的学习机会，他们最优先考虑的是学习的成功。毫无疑问，21 世纪学习的研究议题中，人类动机的地位一定很高。

吉卜林的“六个诚实的仆人”提供了一种便捷的途径来概括未来关于学习的研究议题。其核心问题是，我们是否能够通过渐进改革的常规过程来创造一个真实的学习型社会，以使我们现有的模式和制度满足新世纪的需要，或者我们是否必须思考以完全不同的模式与制度来取而代之。间断性变革是很难想象的，只有它发生了才能进行仔细的思考。回顾僧侣制度的解体，空中飞行的发展，避孕药的发明，都可以看作是具有革命意义的间断性变革的例子。也许今天的教育正在发生着同样的事情。

造成这种状况的原因有多种，有些原因上面已经阐述。其中有三个原因尤为重要：新兴“脑科学”对于我们理解人类学习的影响，计算机——信息与通讯技术（ICT）的潜力[②]，“资助学习者”（而不是教学）的观点。“资助学习者”是为了提高社会学习设施的市场影响力而提出的，其目的是提高质量，改变适切性与便捷性，降低成本。通过为受益者提供“学习券”而不是向教育机构拨款来资助教育的观点，似乎是值得考虑的。

但是无论政府是否采用“资助学习者”的观点，这场不可避免的学习革命正在酝酿之中。信息与通讯技术已经显示出其本身引发学习革命的力

① 掌握型学习者也可能依赖于他人来发现同样的东西（特别是动机）。但是这种相对的依赖性可能更积极：在这里可以找到“奖赏”或者“赞誉”。将这种“奖赏”问题作为上述表格中除了“挑战”和“威胁”以外的第三个要素，在一段时间里可能是有用的。

② 见：OECD (2000)，*Learning to Bridge the Digital Divide*；OECD (2001)，*Learning to Change*：*ICT* in Schools; OECD (2001)，E-Learning—The Partnership Challenge.

量。学习的市场已经启动。[①] 我们可以期待，在未来的几十年里将开始揭示脑的复杂性，最终理解记忆和智力的性质，并了解学习的机制。在此基础上，我们才能重新将教育实践奠基于坚实的学习理论之上，其结果很可能是一种间断性的变革，而不是当今制度的逐步适应。是革命而不是改良。

① 经济合作与发展组织教育研究与革新中心（OECD-CERI）在2002—2004年的工作项目中有“教育服务贸易”的课题。

第二章　认知神经科学为教育决策与教育实践提供信息的方式

2.1　认知神经科学可以告诉我们什么？

我的脑？它是我第二个最爱的器官。

——Woody Allen

人是如何学习的？在我们获取知识（如姓名、日期、公式）、技能（阅读、舞蹈、绘画）、态度（自信、责任、乐观）时脑内发生了什么？几个世纪以来，人类对这类问题一直很感兴趣。今天，科学家开始理解孩子的脑是怎样发展的，成人的脑是怎样学习的。好几门学科都促进了这类知识的进步，认知神经

科学也许就是最近形成的、最为重要的学科。

科学中的大部分进步，其关键在于新技术的发展。功能成像技术［包括功能磁共振成像（FMRI）与正电子发射断层扫描（PET）］、经颅磁刺激（TMS）、近红外光谱成像（NIRS）等技术[①] 使科学家能够更清晰地理解脑的运行和心智的性质，尤其能够使人类学习的一些古老问题逐渐清晰明了，并开始为教育制度与教学实践更好地服务于青少年和成年学习者指明方向。

承诺或者期望过高、过快都是错误的。虽然已经有一些有价值的发现与研究结果，但是这些新的科学发现可能要花费数年的时间才能安全可靠地应用于教育。而如果包括“学习科学”在内的各种学科间相互交流合作，这个学科将得到最顺利的发展。神经科学研究者与教育者之间进行交流，构建共同语言，挑战彼此之间的假设与推论是有益的，这一点已经非常明了。如果扩大争论的范围，将心理学与医学纳人其中，则受益更大。认知心理学在神经科学家与教育实践者、决策者之间发挥着尤其重要的协调作用。[②] 但是，毫无疑问，在“新的学习科学”即将诞生之时，它将继续利用更加广泛的学科，包括发展与进化心理学、人类学和社会学。

在神经科学研究人员和教育人员之间会存在交流的问题。一般而言，这两个研究领域之间缺乏共同的专业话语，应用的是不同的方法与逻辑体系，探究的是不同的问题，追求的是不同的目标。它们在决策领域处于不同的地位。神经科学研究人员科学地研究学习的器官——脑。他们具有权威性，带着科学的神秘光环。他们在数量上相对较少，却运用着昂贵的技术与设备。而相比较而言，培养青少年的教师在复杂的社会情境中工作，学生可能与他们的目标不一致，他们的工具一般为粉笔、讲授与课本。因此，必须意识到这两个专业领域之间的文化差异，努力降低错误理解与错

① 这些不同技术的狭义定义，见下面的4.2及术语表。

② 而且，20世纪90年代，经济合作与发展组织的三个论坛上所发表的许多报告证实了脑科学研究的一个最重要的革命。这就是，从“外部”研究脑与从“内部”观察脑实际上是互补的，前者为认知心理学的目的，后者是神经科学的目的。认知心理学研究和发现思维与学习行为，有助于提出阐明这些机制的假设；而认知神经科学直接研究和确定（或者证实）这些机制是什么。

误表达，提高理解力。决策者可以通过促进专业资源共享，尤其是通过在各自不同的分析层面（如课堂学习与脑功能）上获得的见解来促进两者之间的沟通，这样，这一即将诞生的领域的研究成果可以促进我们深入理解作为机器的脑以及运行中的脑（人类学习）。要面临的一个困难是，在包括“学习科学”在内的不同学科之间需要共同的语言与词汇。像可塑性、智力和刺激（在导言部分就明确指出是有问题的）就是这个问题的例证。对于这个问题，还可以列出更长的清单，如能力、态度、控制、发展、情绪、模仿、技能、学习、记忆、心智、先天与后天……最后两个术语应该提醒我们，公众把“先天 ”与“后天”看作是两个独立的领域，而科学界认为“先天与后天”与“自然脑”的“经验依赖发展”的概念之间是相互影响的，因此，他们对这两者之间的理解是不同的。从基因到行为的征程仍然漫长而艰辛：在路途的中央是脑，它既是基因物质的表达，又是人类行为的源泉。①

人们期望的是，随着认知神经科学继续推动科学与学习之间的对话，它将有助于说明与解决一些难以解决的二元分立的命题，如“先天”与“后天”等。而“可塑性”与“阶段性”是需要避免选择性理解的另外一对概念。常识与脑科学研究证实，我们的脑具有可塑性——继续发展、学习、改变，直到年迈或者死亡。终身学习的观念是有意义的，活到老，学到老——只要学习者拥有信心、自尊以及动机。然而，敏感期如“机会窗”［“机会窗”一词于1979年由贝特森（Patrick Bateson）提出，指在某个时间段，要使学习和发展正常进行下去，应该向儿童提供某种经历。它与敏感期的含义相近，更强调机会窗打开后可以持续很长一段时间。——译注］现象似乎是存在的，这段时期内，发展着的脑对某些刺激特别敏感，易于学习。一个明显的例子是，幼儿习得第一语言的速度非常快。世界上所有的孩子，除了严重残疾的孩子，学习第一语言的速度与时间基本相同，不管他们后来在受教育的过程中，是慢还是快，是高智力还是低智

① 见 the Granada report on the OECD website：www.oecd.org/pdf/M00017000/M00017849.pdf.

力，是成功的学习者还是失败的学习者。在“第二语言学习”、在社会技能如团队合作技能的习得、甚至在“掌握型”与“依赖型”学习的重要选择中，也可能存在着敏感期。但是，脑的可塑性也是持续性的。

认知神经科学也有助于我们理解人脑的共同之处与个体差异之间的区别。例如，男性与女性的脑似乎不同，但是这种差异的意义还不清楚。儿童、青少年、成年人的脑之间有着成熟方面的差异，然而，认知神经科学还不能告诉我们个体的差异。而且，在这门科学的萌芽阶段，实践者发现在许多方面研究功能损伤的脑（和超常脑）比研究“正常脑”更容易，这是可以理解的。如果它有助于我们理解与更好地支持孤独症或者艾斯伯格症等这一类患者，那么也没有什么可后悔的。实际上，研究功能损伤（或者超常者）的脑是了解“正常脑”运行机制的最可靠办法之一。

科学家非常谨慎，这是可以理解的，尤其是报道像人脑这样一个既敏感又令人兴奋的研究领域的研究结论。如果在区分以下几个问题中能够达成普遍一致，则是有益的：①什么是确定的（可塑性）；②什么是可能的（敏感期）；③什么是明智的推论（性别的意义），什么是流行的误解或者过分简化的报道（“左脑与右脑”的作用）。无论如何，在不久的将来，认知神经科学可能会在可靠地回答有关人类学习的重要问题方面发挥重要的作用，例如：

- 对于幼儿来说，什么样的学习环境和学习方案是适合的？尤其在培养计算能力和读写能力方面，提供强化性的早期教育计划是否明智？
- 脑发育过程中有哪些主要敏感期？这些敏感期对与年龄阶段有关的学习课程有什么启示？
- 为什么有些人很难获得读写能力与计算能力？在预防或者矫正诵读困难（dyslexia）和计算困难（dyscalculia）方面可以采取什么措施？
- 人脑的局限性有哪些？在适当环境中采用适当的教学，可以期待任何人都获得莱布尼茨（Leibniz）、莫扎特（Mozart）、密勒（J.S.Mill）等人的成就吗？

- 为什么忘却如此困难？如何有效地改变不良习惯与技能，纠正错误的认识？
- 情绪在学习中发挥什么作用？在面临学习挑战之时，我们如何促进边缘系统（情绪）和大脑皮层（认知）之间的合作？

2.2 ……教育政策

"政治是可能性的艺术"

——俾斯麦（Bismarck）

"政治不是可能性的艺术，

而是在灾难与不愉快之间进行选择。"

——加尔布瑞什（J.K.Galbraith）

家长是孩子的第一位启蒙老师。在世界的许多地方，教育系统过去与现在都在发挥着宗教的功能。在全世界，无论是发达国家还是发展中国家，国家都承担起责任，为孩子提供尽可能多的免费与强迫的学校教育，让年轻人与成年人都享受更高层次的学习。决策者面临的首要挑战是平衡和协调家长、宗教和国家之间的关系。

第二个挑战是，作为这三位一体中的控制者与统治者，确保学校、学院、大学和其他教育培训机构以可以接受的代价，满足学习者、雇佣者以及更广泛社区的需要。正规教育与培训的成本效应也许是政策的核心问题。然而，人们非常容易认为，资金与标准是唯一真实的问题。

我们了解到，在给予人民所需所想方面，受民主管理的法律框架支配的自由市场比起中央计划体系更为有效。在住房、食品、衣物等商品的分配方面，或者在娱乐、银行或者美容美发等服务部门，这都是不争的事

实。教育以及世界某些地方的保健行业仍然被看作是特殊的服务，不能安全地托付给市场。在保健方面，这个问题是激烈争论的主题。

虽然考虑其他的可能性也许是有用的，但是，目前与世界其他国家一样，完全由国家提供可能将继续在经济合作与发展组织的成员国中盛行。大多数国家调整与资助普及义务教育，满足学校、学院和大学的需要。许多国家经受了成本效益问题的折磨，即如何以最低的成本达到最佳的结果。教育论争中反复出现的许多细节性政策问题可以追溯到这个基本问题，如班级规模、(强迫）受教育权利时间的延长、接受义务教育后教育人数的增加、师资队伍的供应、终身学习的权利、资格与标准、督导等。科学地研究脑和学习不仅可能对政策的细节问题，而且对教育中成本效益的基本挑战作出重要的贡献。

最近，人们对为所有孩子提供良好的保育教育、重新修订课程、为学校课堂配备计算机等特别感兴趣，这里只列出当前关注的这三个核心问题。在每一种情况下，所隐含的期望是有更大的功效（更好的成本效应比)，期望标准的提高比成本增加的幅度更大。教育成就的标准很难测量，国家之间的比较或者历史比较的可靠性也很难把握。同类事物的比较不容易得出确定的结论。然而，毫无疑问，成本的增加与标准的提高都是存在的，但是还不知道它们之间是否相辅相成。已明确的是，教育界缺乏有效的市场竞争形式，这不可避免地会降低其在成本效益方面的获益能力。

决策者也受到教育目的问题的困扰。一种传统的观点认为，社会期望教育系统做三件事：为青少年与成人学生提供必要的技能，使之社会化，根据能力与性向进行筛选。这三种功能是相互制约的。例如，如果强调筛选，那么技能学习慢的学生就会遭遇挫折。如果要由学校来负责现代复杂社会所需要的 21 世纪的全部技能与社会化，那么课程负担就可能过重。筛选与社会化也同样是同床异梦。人们对学校的期望过高了吗?

最后，注意学习者的需要与决策者所关心的问题之间存在的差距也是有益的。陷入成本效益的困扰会很容易分散决策者对学习的复杂性、学习者和人脑多样性与敏感性的适度关心与理解。

第二部分

认知神经科学与教育的结合

第三章　三个论坛

经济合作与发展组织教育研究与革新中心(OECD-CERI)启动“学习科学与脑研究”项目的目的，一方面是鼓励学习科学与脑研究之间的合作，另一方面是鼓励研究人员与决策者之间的合作。“基于脑的教育”① 在将来形成的可能性以及对它的关注，都必须强调在不同利益人士之间进行对话的需要。这一项目的基本概念确立后，经过一年的规划，一些主要研究机构开始启动讨论，共安排了三次论坛，主要议题为“早期学习”、“青少年学习”、“成人学习”（主要关注“老年人的学习”）。这三次论坛的详细报告在经济合作与发展组织的网站上可以得到。②

这一章是三个论坛的概要，目的是导入第四章，

① 在这一前沿，Jan van Ravens 博士在格兰纳达论坛上比较了医学和教育：“朝‘循证医学’的努力是明显的：在日常实践中全面应用医学知识，彻底消除直觉与流行观点。教育已经可以采用这种方法：课程不再基于传统，也不再是政治妥协的产物，而将根据学习科学提供的证据，尽可能地以脑科学的研究成果为基础。”

② www.oecd.org/oecd/pages/home/displaygeneral/0,3380,EN-document-603-5-no-27-26268-0,FF.html.

并使其更易于理解。因此，这些论坛的科学结果将在下文作简要描述，并在后面的章节中详细叙述。

3.1 脑机制与早期教育：纽约论坛

从新生儿到5岁的距离是一条鸿沟；
而从5岁到成人之我仅一步之遥。
——**托尔斯泰（Tolstoy）**

第一次论坛于2000年6月16—17日在美国纽约的萨克勒研究所举行，该论坛的中心问题是脑的可塑性和阶段性概念之间的矛盾，即脑终身具有可塑性与某一年龄阶段学习特定事物具有敏感期这两种观点之间的矛盾。该论坛收到了与早期学习有关的重要问题的报告：语言的习得、早期认知、阅读机制、数学思维和情绪能力。

第二语言学习的研究表明，语法的获得部分受到时间的限制，“越早学习，越容易、越快速”。这一发现表明，在小学教育中进行第二语言学习可能比中学更有效。但是，脑终身都能够接受新的语义信息。

当脑在适当时机即敏感期遇到相关经验时，就产生了经验期待学习。经验期待学习有时受年龄的限制，因为敏感期只在某个发展阶段出现。而且，敏感期的学习可能要求适当的环境。脑对复杂环境的反应似乎比缺乏刺激或者兴趣的环境反应更好，这一点毫不意外。

孩子在很早的时候就形成了关于世界的理论，并根据经验进行修正。早期学习领域包括语言学、心理学、生物学和物理学——关于语言、人、动物、植物和物体的知识。甚至在出生的时候，孩子的脑也不是“白板”，早期教育需要更好地考虑幼儿独特的思维方式与个别化概念，以及他们喜

欢的学习模式，如通过游戏而学习。[①]

目前脑科学为教育者能够提供最多研究结果的可能是在读写领域。视觉损伤、听力障碍或者不正确的策略（认知失调）等原因均可能导致阅读困难。孩子的这些状况并非无法改善。如果教师和科学家共同努力，我们就能够拥有真正的希望提供早期诊断与适当的干预，帮助那些面临各种诵读困难威胁的孩子。

计算能力与读写能力一样是一种基本技能,是认知神经科学家可以为教育提供帮助的领域。数学智力似乎非常复杂,包括脑的好几个区域,这些区域受到前额叶皮层(frontal cortex)调控机制的组织而协同运行。这种模式表明,计算困难的产生可能有多种不同的原因(源于不同脑区的加工)。

脑是情绪之所，推理之居。对于成就与成功而言，我们的“情商”（EQ）似乎比“智商”（IQ）更重要。“掌握学习”与“依赖学习”（dependency learning)[②] 之间的重要区别与其说是智力问题，不如说是态度（情绪）问题。成功的学习者似乎在早年就形成了一种自我控制的形式——“有意控制”[③]。原则上，这种重要技能虽然具有明显的遗传性，却是可以培养的。

这次论坛的主要科学结论将在第四章详细论述。论坛得出了五个一般结论：超学科（trans-disciplinary)[④] 讨论的价值与可能性；新概念与科学

---

① 根据 Alison Gopnik 博士在纽约论坛的报告，婴儿天生就有学习语言的能力。但是他们也了解周围的人思维、感觉的方式，以及这一切是如何与他们的思维和情感联系起来的。孩子每天学习心理学、物理学（了解物体的运动方式及其相互影响）、生物学（简单的生命物质、植物和动物是如何运作的）。他们在正规学校教育开始之前就掌握了这些复杂的领域。

专家希望看到学校的实践是以儿童在早期环境中所获得的知识为基础的。例如，在低年级开设日常心理学是有意义的，或者，就物理、生物而言，学校可以从现实中的自然概念（或者错误概念）入手来教孩子，以使孩子真正理解描述现实的科学概念。学校可以更多地利用游戏、自然探究、预言与反馈，这些方式在自然的家庭学习中似乎非常有效。学校甚至应该为最小的孩子提供成为科学家的机会，而不仅仅是告诉他们关于科学的知识（见 the New York report on the OECD website，www.oecd.org/pdf/M*00019000* /M*00019809*. pdf)。

② 见上述 1.3。

③ 见下文 4.4.3。

④ 这些论坛在该项目以及项目所组织的对话决定采纳 Hideaki Koizumi 的“超学科”（trans-disciplinarity）概念（见第五章）之前举办，与“跨学科性”（interdisciplinarity）与“跨学科”（interdisciplinary）这两个词相比，本书更倾向于采用“超学科性”（trans-disciplinarity”）与“超学科”（trans-disciplinary）这两个词。

证实的旧观点之间的区别；可塑性和阶段性的基本性质；生命早期对人类学习的相对重要性；新的“学习科学”出现的可能性。[1]

3.2 脑机制与青少年教育：格林纳达论坛

“我希望十岁和二十三岁之间并没有别的年龄，
否则这整段时间里就让青春在睡梦中度过吧；
因为在这中间所发生的事，不过是叫姑娘们养起孩子来，
对长辈任意侮辱，偷东西，打架……
除了十九岁和二十二岁之间的那种火辣辣的年轻人，
谁还会在这种天气出来打猎。”

——莎士比亚（Shakespeare）

第二个论坛于2001年2月1—3日在西班牙的格林纳达举行，该论坛主要讨论两个议题：将认知神经科学中不断涌现的研究成果以教育界能够接受的方式进行转化的问题，以及“发展中”的青少年脑的观念。

在认知神经科学发展的这个早期阶段，很容易期待过高。可能会轻率地从动物研究得出的实验结果中进行概括，提出关于人脑和学习的确定结论，这必须谨慎对待。如果神经科学家和认知心理学家合作，就可能取得良好的结果。教育者和决策者将从科学包括医学研究的广泛合作中获益最多，也能够为之作出最大的贡献。学习科学必须是一门超学科。

我们可以将青少年的脑看作是“发育中”的脑。[2] 脑成像揭示，脑的

① 见第五章。

② 在格林纳达论坛上，José-Manuel Rodriguez-Ferrer 博士提出了一个假设。他提出另外一种方式来解释青少年和年轻人所面临的一些困难，将心理成熟与前额叶皮层（prefrontal cortex）的成熟程度联系起来，而不是将青少年典型的社会、行为和心理特征归因于某些激素。他的观点是根据脑成像数据提出的，表明前额叶皮层成熟的速度很慢，甚至20—30岁年龄段的人也这样（见 Granada report，OECD website，前引文献）。

体积和髓鞘的形成（神经连接的成熟过程）在青少年和青年期（20—30岁）继续发育。

该论坛还收到了关于注意缺陷多动症（ADHD）、某些药物对学习的影响、脑损伤和数学技能、外显学习与内隐学习、思维想像力与思维刺激、读写能力的获得以及其他论题的报告。[①]这一论坛的主要科学结论也将在第四章中详细论述。

还有一些更一般的结论。第一个结论是教育人员和决策者对科学新发现的渴求与科学家告诫不要对人类学习作出不成熟的假设这两者之间的矛盾。第二个结论来自于一个有趣的争论：在笔试中戴眼镜是否构成舞弊，显然没有。但是，如果教育的一个主要功能是根据能力和性向来选拔人，那么，离正确地运用这些新的科学研究成果来帮助学习速度慢的学生或者计算能力差的学生还有多大的差距？传授技能远比选拔重要，没有人会驳斥这一观点。第三个结论，该论坛上的主要观点是青少年的脑是不成熟的器官。这种观点与学习本身是可以学习的这一无可辩驳的主张是一致的。

这一论坛的结论是，一些重要的问题，尤其是性别、文化[②]、自尊和同伴的影响等还没有合理地解决。就像在纽约论坛上，与会者讨论了新的学习科学的诞生，并证实至少应该包括五个学科：认知神经科学、心理学、保健、教育和决策。这些不同学科之间的合作模式与其说是单行道，不如说更像是一种交汇或者是上升的螺旋[③]。这次是从交流走向了合作。例如，教育者对课堂环境中的问题有许多经验，这些问题不仅可以成为科学家的研究课题，而且在“教育现场”成功解决的问题可以成为“实验室

---

① “怎样向公众传递对这些数据的解释？人们应该怎样思考基因和环境因素的相对作用？无论决策者的背景如何，都应该让他们了解可以克服学习困难的认知策略与技术手段。例如，如果有了与注意缺陷多动症相关的研究成果，他们对心理药理学干预就会有明显的政策启示。”(Dr. Jim Swanson during the Granada forum. See the Granada report on the OECD website，前引文献)。

② 这两个问题后来在东京论坛上进行了讨论。(see below and the Tokyo report on the OECD website，前引文献)

③ 见第五章 Koizumi 的超学科模式。

里”正式验证的合理假设。

最后，该论坛向科学家和教育者提出了一些挑战。为了帮助大众理解脑和学习的复杂性，我们迫切需要一种更新、更好的模式来帮助我们把握先天与后天[1]之间的交互作用、可塑性与阶段性、潜能与能力等。也存在着这样一种要求，即从“课程引导”的教育体系转向“教学论引导”的教育体系。学习方式支配学习内容。

与会者想知道，学校将“技能”与“选拔”联系起来是否仍然还有意义。也许创造两种不同服务和专业的时机已经到来。有些人想知道，从19世纪工业生产时代承袭下来的过时的工厂模式——学校与课堂教育模式——是否仍然是培养21世纪社会年轻人的主要策略。

3.3 脑机制与老年人的学习：东京论坛

“如果年轻人已经知识渊博，
如果老年人身体依然强健……”
——亨利·埃斯蒂安（Henri Estienne）

第三个论坛于2001年4月26—27日在日本东京举行。虽然本次论坛的目的是讨论与全体成年人的脑机制有关的问题，但是其核心问题变为老

① Antonio Marin博士在格林纳达论坛上（见经济合作与发展组织网站的格林纳达报告，前引文献）讨论了先天与后天的论争及其与智力遗传的关系。他提到了Francis Galton博士的早期著作。该著作研究了杰出人士亲属中成名者的比例，也提及优生运动对智力遗传问题的负面影响。他不仅提到了遗传的作用，而且也提到了环境因素：智力成绩是多年训练的结果，包括家长、教师和其他人的影响（特别是受同伴影响的学习）。“无法查明决定可测量特征的基因，不可能对它们的数量、遗传模式或者行为模式作出具体的推论。”但是他认为，我们可以期望，将来影响学习能力与其他人类行为的生物因素的遗传变化可能会与影响人类健康的遗传变化那样广泛。这方面的影响已经在动物的实验分析中可以看出来。另一方面，人类基因组计划发现了许多遗传变异。Marin博士结束发言时告诫人们，不要陷入天真的生物决定论，认为个体是受基因限制的。

年脑的性质以及老年认知功能的扩展与强化。到目前为止，很少研究直接针对“正常衰老”的成人的学习需要：如怎样对教师[①]或者一般成人进行再培训，以使他们能够运用新技术[②]。当人们考虑到新科学研究数据的有效期（5年后一般不再引用这些研究[③]）限制时，成人尤其是专业人员显然需要继续教育。将来，成人将不仅需要学习更多的知识，而且他们也必须忘却更多的知识。[④]由于该领域的研究仍然处于婴儿期，关于衰老的正常过程也还了解得不够，似乎确有希望进行早期诊断和适当干预，以延缓或者减缓老年人神经退化疾病的发生。终身学习似乎为抗击衰老和阿尔茨海默病这类情况提供了特别有效的策略。[⑤]

该论坛收到有关老化疾病的一些报告，如阻止患者快速退化与增强能力的策略、脑终身具有可塑性的证据、身体健康和心理健康之间的关系、记忆与注意问题、与研究和保健有关的方法、文化[⑥]、性别[⑦]、政策等。与其他论坛一样，这一论坛的主要科学结论将在第四章详细概述。

尽管争论的范围非常广泛（“从基因到技能”），但是人们仍然可以感觉到，对于情意问题——态度与价值观的形成、人类经验与学习的情绪要素还关心得不够。参与者从对话走向合作的愿望非常强烈，并促成了一个

---

① Eric Hamilton 博士东京论坛的发言（见 the Tokyo report on the OECD website，前引文献）。

② Mag. Wolfgang Schinagl 东京论坛的发言（见 the Tokyo report on the OECDwebsite，前引文献）。

③ Kenneth Whang 博士东京论坛的发言（见 the Tokyo report on the OECD website，前引文献）。

④ 东京论坛上，Bruce McCandliss 和 Andrea Volfova 博士发表的报告表明，可塑性有利也有弊，在有些情况下会干扰新的学习（见 the Tokyo report on the OECD website，前引文献）。

⑤ 但是正如 Akihiko Takashima and Raja Parasuraman 两位博士在东京论坛上所报道的，我们仍然缺乏可靠的方法来检查潜伏期阶段的阿尔茨海默病（见 Tokyo report，OECD website，前引文献）。

⑥ 文化的影响可以从宏观与微观两个层面来看待。宏观层面上，文化问题可以有助于确定研究议题的方向，查明认知神经科学是否应该研究普遍性的过程，或者脑与学习的研究是否完全是文化性的，因而情境性更强（Shinobu Kitayama 博士东京论坛的报告，见 Tokyo report，OECD website，前引文献）。微观层面上，文化问题可以表明，不同语言的正字法会影响阅读困难，尤其是诵读困难的症状，从而对诵读困难这类现象应该如何进行研究与解释产生重要的影响。

⑦ 与性别有关的研究结果还不确定，但是支持“男性”和“女性”脑（对学习具有启示）概念的研究数据正在形成之中，正如 Yasumasa Arai 博士在东京论坛上所表明的那样（见 Tokyo report，OECD website，前引文献）。

新的超学科研究计划的形成。研究者反复告诫，不要期望过多、过早，但同时，对较长时期内取得大量的研究成果充满了希望。

人们认识到，新的学习科学的诞生已经为科学的进步、教育改革与保健的发展提出了政策问题，但是这些问题不能够孤立地思考，而需要整体的方法——这并不是那么容易达到的。

该论坛对更有效诊断、延缓与治疗衰老问题充满希望，同时确定了未来超学科研究的五个机会：阅读、数学、性别、能力测量以及新的教学专业队伍的形成。所有这一切的根本在于认识到，情绪可能是理解如何养育孩子、照顾 21 世纪老年人的关键。

第四章　从神经科学的视角来看学习

认知神经科学中激动人心的发现以及认知心理学的持续发展开始提供有趣的方法来思考脑的学习方式。从历史上来看，理论与方法将这些学科分离开来，然而，随着新的脑成像技术的发展，一门新的综合性学科——认知神经科学诞生了。认知神经科学工作者日益关注教育，将它看作是运用认知神经科学知识的领域以及重要研究问题的源泉。

这一章将概述经济合作与发展组织举办的三次国际性论坛上发表的认知神经科学研究成果。尽管讨论了许多论题，这里报道的是具有应用潜力且同时在课程设计、教学实践以及学习方式方面能够提供有意义信息的主要论题。这些论题包括：读写能力和计算能力，情绪在学习与终身学习中的作用。但是在讨论这些论题之前，似乎有必要简单地叙述脑结构的一些基本原则，研究工具（技术）以及当前运用认知神经科学的方法。在本章的最后，将批判普遍存在的对脑科

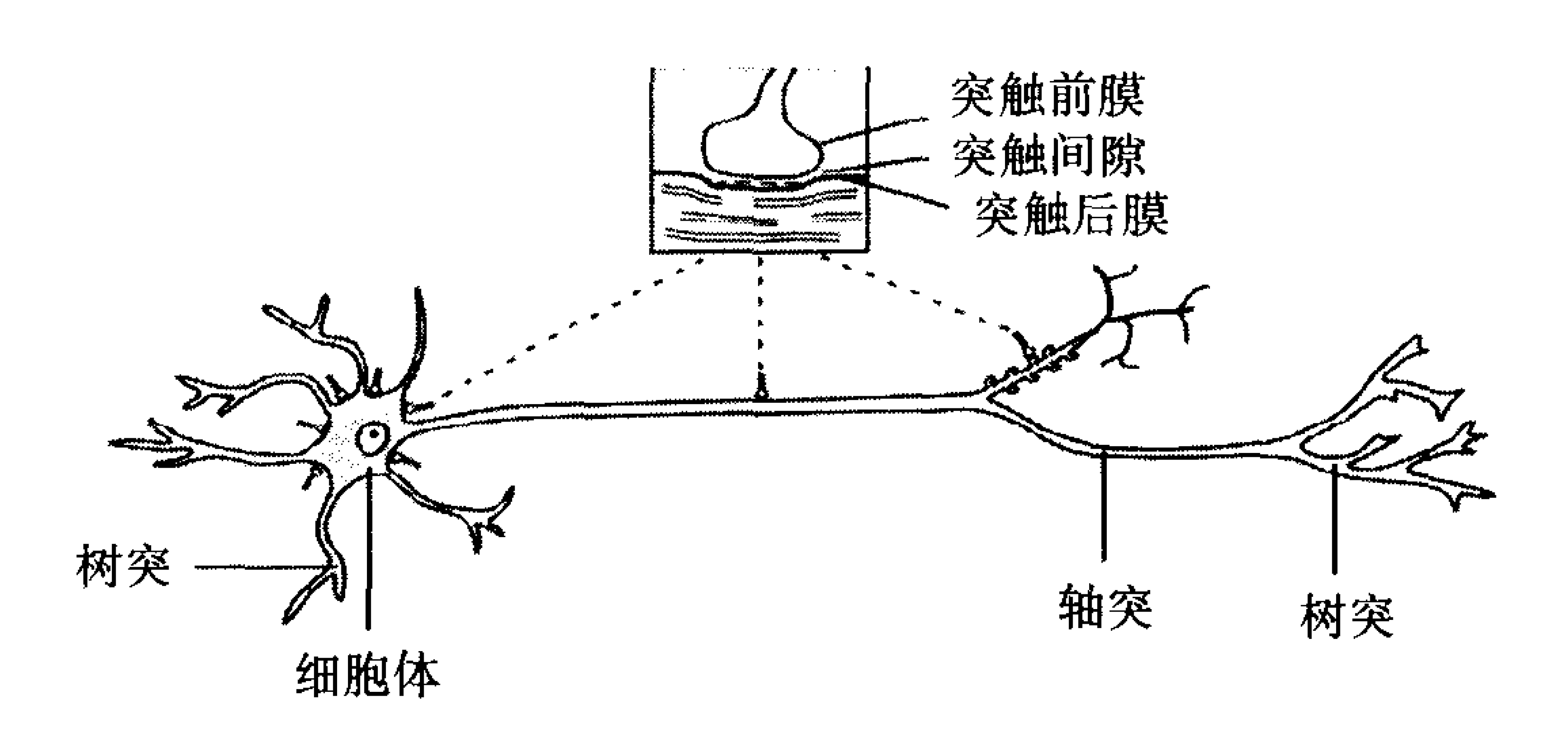
学的错误理解而产生的"神经科学的谬误"(neuromythologies)。

4.1 脑组织原则与神经信息加工

4.1.1 神经元、心理状态、知识与学习

脑中信息加工的基本要素是神经元，一种能够聚积和传递电活动的细胞。在人脑中，大约有一千亿个神经细胞，每个神经细胞可以与几千个神经细胞相连接，使信息信号大量流动，迅速扩散到许多方向。

任何时候，同时激活大量神经细胞的这样一种所谓"激活模式"都是对特定心理状态所作出的反应。电流通过神经元之间的连接（称为突触）时，激活另外一些神经元，脑就转向不同的心理状态。神经元的激活水平与计算机位码（computer bits）不同，不是有或无的不连续变量，而是连续的变量，在心理状态下，产生令人难以置信的微妙变化与差异（见图1）。



注意：突触包括突触前膜、突触后膜和突触间隙三个部分

资料来源：Jean-Pierre Souteyrand for the OECD.

图1 神经元上的不同突触

如果说心理状态是由神经活动模式产生的，那么"知识"就可以界定为驱动认知从一种心理状态流向另外一种心理状态的力量，它必须以神经连接的方式来编码。这表明，学习或者是通过形成新突触的方式来实现

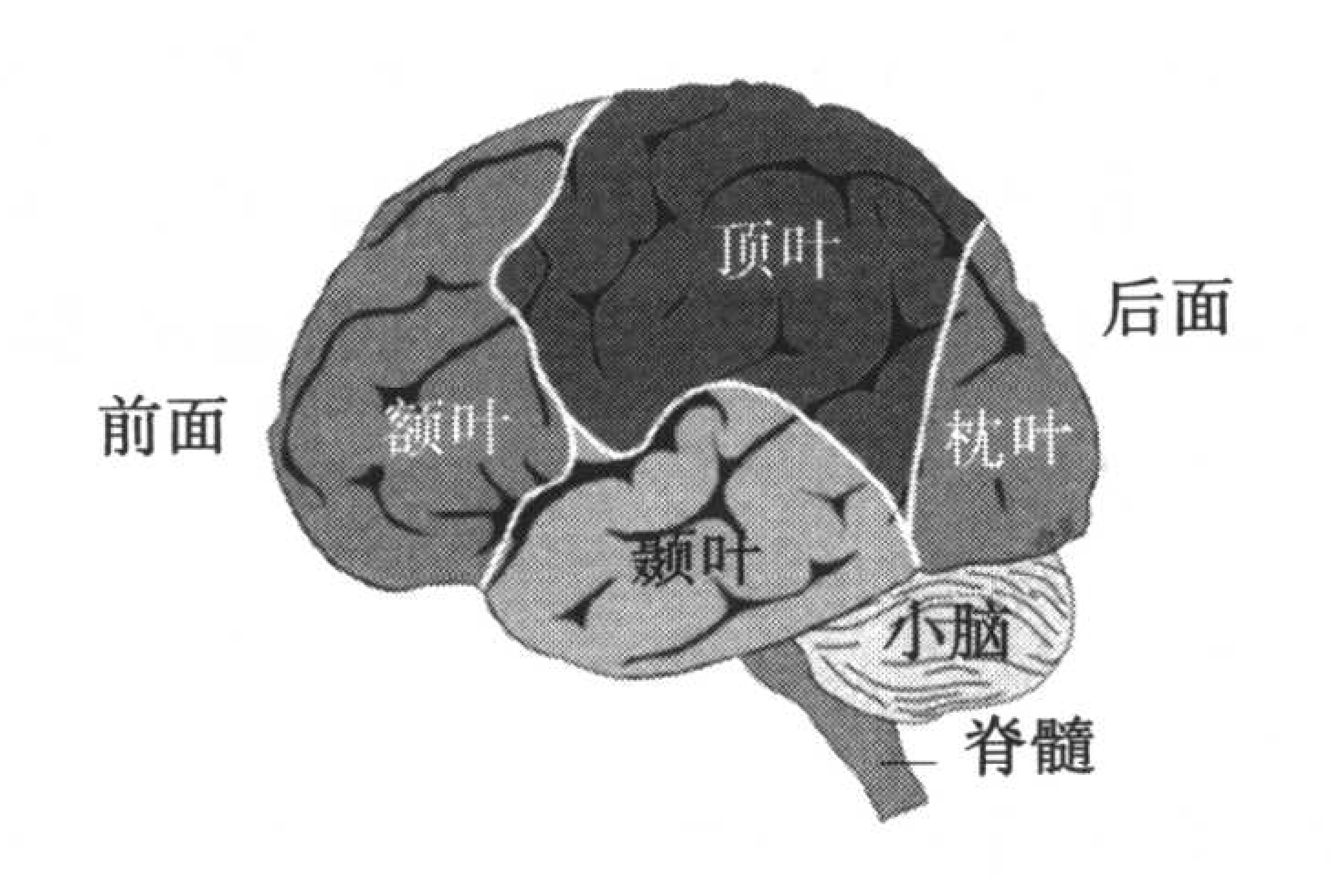
的，或者是通过巩固或削弱已有突触的连接方式来实现的。事实上，这两种机制都有许多证据，青少年脑前者占有特别的优势，而成人脑则后者占优势。也许值得注意的是，脑内长期储存任何新的知识都必须修饰其解剖结构。

4.1.2　功能组织

脑的不同部分执行不同的信息加工任务，功能定位的原则几乎在脑组织的任何层次上都是正确的。脑是脊髓顶端的一系列结构，低层次的结构主要负责协调身体的基本功能（如呼吸、消化、自主运动），表达基本冲动（如饥饿、性唤醒），加工主要情绪（如恐惧）。高层次的结构处于低层次结构之上，进化的时间要晚一些。人类的高级结构比其他动物的发展程度更高。最后发展的部分——新皮层，是一层薄薄的神经细胞，覆盖在凹凸不平的脑表面。这是思维产生的地方，集中了人脑 3/4 的神经细胞。

新皮层分为两个半球：左半球和右半球。两个半球之间由粗大的神经纤维连接，称为胼胝体，是两个半球之间交换信息的桥梁。每一个半球再分为不同的叶，专管不同的任务：额叶（frontal lobe）主要负责规划与行为；颞叶（temporal lobe）负责听觉、记忆以及物体的识别；顶叶（parietal lobe）主要负责感觉与空间处理；枕叶（occipital lobe）主要负责视觉信息（见图 2）。当然，这些都是粗略的特征，因为每一个叶又可以进一步细分为相互连接的神经元网络，专门用于非常具体的信息加工。任何复杂的技能，如加法或者词汇识别等，都取决于脑内不同部位中一些特定神经网络的协调行动，这些网络之一或者它们之间的联系受到任何损伤都将破坏其所支持的技能，每一种损伤，都可能导致某种功能的缺失。

最后，应该注意的是，任何脑都是不同的。个体在脑的总体大小，尤其是用于执行特殊功能的神经元数量，甚至在功能模块的组织与定位方面都存在着显著差异。大多数神经元在功能上是可以相互转变的，同一个神经元可以在完成一项任务后，接着完成另一项任务。这表明，先天、后天



资料来源：Jean-Pierre Souteyrand for the OECD.

图 2　脑皮层的主要分区

与学习使每一个脑都具有其独特性，而且这种独特性在整个生命历程中不断扩大。

4.2　研究工具、方法及教育启示：脑成像的影响

神经科学研究技术有多种，可以包括侵入性途径，如神经外科。但是，现在最普遍、最有用的工具是无创性脑成像技术。脑成像工具可以分为两种类别：提供高分辨率空间信息的工具与提供高分辨率时间信息的工具。在提供高分辨率空间信息的工具中，人们最熟悉的是正电子发射断层扫描技术（PET）和功能磁共振成像技术（fMRI）。正电子发射断层扫描技术运用放射性同位素，通过监控氧和葡萄糖的消耗以及皮层血流的变化情况来检测脑的活动。功能磁共振成像技术，利用射频和磁场来确定去氧血红蛋白的浓度变化，这两种技术都要求被试保持静止状态以获得精确的图像。

由于正电子发射断层扫描技术和功能磁共振成像技术提供的空间分辨率以毫米来计算，时间分辨率以秒来计算，所以这些技术对于测量相对较长时间的脑认知活动变化是非常有用的。另一种技术是经颅磁刺激技术（TMS），通过形成暂时性的脑功能中断（几秒钟）来确定特定脑区的活动。但是，数学计算或者阅读等包括许多加工过程，这些加工过程在几百

毫秒的时间内发生。因此，正电子发射断层扫描技术和功能磁共振成像技术能够确定参与阅读或者数学活动的脑区，但是不能说明这些活动过程中思维的动态交互作用。

另外一组工具记录时间的分辨率可以达到毫秒，但是它们的空间分辨率并不高，提供的数据以厘米为单位。这些技术测量思维活动中头皮表面的电场或者磁场。这些工具有脑电图（EEG）、事件相关电位（ERP）、脑磁图（MEG）。脑电图和事件相关电位将电极放在头皮的某一位置。由于这些技术易于使用，所以常常成功地运用于孩子。脑磁图在液态氦的温度下，运用超导量子干涉仪（SQUIDs）。这些工具以毫秒的分辨率来测量认知任务中脑活动的变化。

无创性脑功能成像的一个新方法是光学成像技术（OT）。它是在运用近红外线光谱分析技术（NIRS）的基础上形成的。与传统方法不同的是，它可以运用于行为研究，因为灵活柔韧的光纤可以建造一种轻便的系统，让被试走动。这种方法既可以运用于成人，也可以运用于婴儿。以月龄为时间单位来观察早期发展，可以提供脑内神经加工系统的结构信息。因此，光学成像可能会对学习与教育带来重要的启示。①

要进行有效的认知神经科学研究，必须将这些技术结合起来，以提供学习活动中脑的空间位置变化与时间变化。要与学习过程相连接，重要的是，神经科学家要进行细致的认知加工要素分析，有效地运用脑成像工具。在与学习相关的那些学科中，认知科学或者认知心理学的研究，尤其是目前视觉加工、记忆、语言、阅读、数学和问题解决的研究中要进行这种细致的研究与分析。

神经科学工作者研究脑的其他方法还包括尸体解剖（如测量突触的密度）。在一些特例中，还可以与某些病人合作来进行研究，如研究癫痫病患者的脑（将患有脑疾病和脑损伤的人作为被试来研究脑的加工过

① Koizumi, H., *et al*. (1999), "Higher-order brain function analysis by trans-cranial dynamic nearinfrared spectroscopy imaging", *Journal Biomed. Opt.*, Vol.4, front cover and pp.403－413.

程[①])；有些认知神经科学工作者研究从胎儿期就患有酒精综合症或者脆性 X 染色体综合症（Fragile X syndrome）的孩子；有些人研究阿尔茨海默病或者老年抑郁症患者患病期间普遍存在的认知衰退现象；还有些人研究灵长类动物或者其他动物如大鼠或者小鼠等，以更好地理解人类等哺乳类动物的脑功能。过去，由于没有脑成像技术，因此很难直接收集到普通健康人群学习的神经科学证据。

还有一个局限性在于：还没有人们普遍接受的、用于研究正常人群的成套的发展性学习任务。虽然在早期儿童学习方面已经做了大量的研究工作，但是青少年的学习研究得很少，成年人的学习则研究得更少。没有正常的认知发展标准，很难理解学习中发生的任何病理现象。

在试图理解认知神经科学如何引导教育并最终形成基于脑的课程方面，首先，既要理解脑成像技术的优势与局限性，又要理解实施严格的认知实验方案的必要性。最近的研究成果已经开始表明，教育终将出现于认知神经科学、认知心理学以及对这些研究成果进行专业的、确切的教育学分析的交汇处。将来，随着不同领域的交叉，将产生出一代新型的研究者与教育专家，善于提出对教育有意义的、适切性的问题，那时教育就将成为一门超学科。

现有的认知神经科学研究方法必须限制所要研究的问题类型，例如，“个体如何学会认识书面单词?”比“个体如何比较不同故事的主题?”这

① Luis Fuentes 博士在格兰纳达论坛上提到（见 *Granada report*，OECD website，前引文献）将神经心理理论与脑的认知功能、学习的研究方法联系起来的问题。学习的研究方法重视任务的分解，倡导简单认知任务的研究。人们认为这些简单的认知任务涉及到脑内基本操作系统的整合。过去 40 多年来，人们将这些方法用于研究人是怎样阅读、写字、看、识别物体的……损伤病人的研究已经支持了这样一个观点：脑的不同部位执行不同的运算功能。例如，视觉失认症病人认识整张脸有困难，而其他视觉能力却没有受到破坏。一些病人能够识别某些语义范畴的例子而不认识其他范畴的例子。Fuentes 博士认为，这种不断增多的证据要求将复杂的认知系统分解为基本操作要素：“先对灵长类动物的研究，然后对顶叶皮层（parietal cortex）损伤病人的研究都表明，意识取决于注意转移中所包括的三种不同操作系统的协调：分心、运动、集中注意，这三种系统分别在顶叶后部（posterior parietal lobe）、上丘（superior colliculus）以及丘脑枕核（pulvinar nucleus of Thalamus）。当病人脑中这些部位的任何一点损伤后，他们就不能对损伤部位对侧出现的刺激进行反应。换句话说，他们意识不到呈现给那部分视觉空间的信息，虽然（事实是）他们没有其他任何视觉问题。”

样的问题更容易研究。这是因为，第一个问题可以设计为容易控制刺激与反应的研究任务，并与其他任务进行比较。这样，可以参照已知的认知模式来理解这个问题。第二个问题包括的因素太多，在实验时无法分解。由于这种原因，社会所认同的教育任务类型仍然过于复杂，不适于认知神经科学的研究。[①]

研究者不仅强调，教育干预之后（目前在实践中很普遍）立即对学习进行研究的方法的必要性，而且也强调，教育干预一段时间以后再对学习进行研究的方法的必要性，尤其是在有关年龄的案例比较研究中。[②] 这些跟踪研究将研究项目从实验室转移到真实生活情境中，而真实生活情境对何时解释结果、何时将结果运用于教育是有限制的。

在试图理解与分析科学数据时，在判断有关认知神经科学及其对教育的启示时，重要的是要坚持以下几条关键的标准：

• 原始研究及其主要目的；
• 该研究是单一研究还是系列研究；
• 研究是否包括了学习结果；
• 抽样的总体。[③]

最近反复强调，形成学识渊博的批判性共同体对科学进步（科学的进步是经过一段时间后，对科学论断的依据与推论基础达成一致）的重要性。[④] 新兴学习科学研究中形成这样一个共同体（由教育者、认知心理学研究者、认知神经科学研究者、决策者等构成）是极其关键的。为了形成这样的共同体，对“基于脑”的教学主张进行正确的判断是很有必要的。教育决策者融入这个共同体以后，如果能够就以下几点达成共识，则将会更加成功地走进正确的基于脑的课程：

① Barry McGaw 博士，东京论坛（见 Tokyo report on the OECD website，前引文献）。

② Raja Parasuraman 和 Art Kramer 博士东京论坛报告（见 Tokyo report on the OECD website，前引文献）。

③ 是运用人还是灵长类动物，质疑样本的代表性，提出研究论断适用于哪些群体的问题等是最为重要的。

④ 见美国国家研究委员会（US National Research Council）关于教育科学研究的报告（www.nap.edu）。

（1）流行的神经科学论断并不一定表明其有效性；

（2）认知神经科学的方法和技术仍在发展中；

（3）学习并不完全受意识或意志的控制；

（4）脑在生命历程中自然地生长变化；

（5）认知神经科学的许多研究主要是理解或治疗与脑有关的疾病；

（6）完整的学习科学除了考虑认知因素外，还要考虑情绪因素与社会因素；

（7）尽管学习科学与基于脑的教育才刚刚起步，但是已经取得了重要进展。

心理学领域有大量的数据（主要是从精心设计的认知心理学研究中得到的数据），从这些数据中可以得出学与教的启示。① 而来自认知神经科学的数据有助于精练假设、消除论断中的歧义、表明研究的方向。② 换句话说，认知神经科学对新兴学习科学的主要贡献，可能是在该学科中渗透科学的怀疑精神，质疑信口开河的论断与未经验证的提高教学质量的观点。

但是目前，对学习的神经科学论断所持的怀疑态度，不应该滋长对认知科学可能给教育带来的益处进行冷嘲热讽的风气。事实上，有关脑可塑性的研究数据不断增多，令人鼓舞。但是，学习的证据不可能仅仅来自于神经科学的研究。将来，随着脑成像技术的改进，学习的实验研究方案将会更加复杂、精致，我们可以进一步来阐述这个问题。

---

① 正如 Bruer 博士在格兰纳达论坛上所提出的（见 the Granada report on the OECD website，前引文献）。

② 格兰纳达论坛上，Pio Tudela 博士在谈到关于内隐学习与外显学习是否存在、其特征以及它们与教学的关系的争论（见 Granada report，OECD website，前引文献）时，举例说明了怎样运用认知神经科学的研究，来澄清与阐明认知心理学研究者有关分离的人类学习体系是否存在及其特征的争论。人们了解环境知识而不打算做环境研究时，是以其最终知识很难表达的方式来了解这种知识的，人们常常将这种过程称为“内隐学习”。相比较而言，有意学习关注的是知识编码，有意学习的提取更有意识，人们将这种过程称为“外显学习”。Tudela 博士表明，运用脑成像技术的神经心理学研究（对遗忘病人、帕金森病人、亨廷顿病人的研究）与实验表明，支持外显学习与内隐学习的神经回路是不同的。

4.3　读写能力与计算能力

4.3.1　语言学习

在纽约论坛上，读写能力包括语言学习和阅读学习。因为在这些领域，认知神经科学既可以提出观点，又可以治疗一些障碍，如第二语言学习和阅读障碍等问题。Helen Neville 博士提出，第二语言学习包括语言的理解与产生，因此，掌握不同的过程是必要的。其中，有两种过程[①]依赖于脑内不同的神经系统，其一为语法加工，其二为语义加工。语法加工主要在左半脑的前额叶，而语义加工（如词汇学习）激活的是左脑和右脑的后部外侧区域（posterior lateral regions）。一般而言，语言不是由单一脑区加工的，而是由整个脑中的不同神经系统来执行的。这对教育运用而言非常有趣：确定加工语言的脑区有助于解释第二语言学习起步晚对这些亚系统的影响。[②]

研究表明，语法学习开始越晚，脑变得越活跃（这一般表明某一任务难度更大。例如，在词汇识别任务中，专家型读者比新手型读者的脑激活更少)。语言学习起步晚的学习者不是只在左半脑中加工语法信息，而是用大脑两个半球来加工相同的信息。大脑的这种不同激活方式表明，语言学习开始晚,大脑就运用不同的语法加工策略。研究进一步表明,大脑两半球都激活的被试,在语法的正确运用方面存在更大的困难。换句话说,在这种情况下,大脑两半球的激活可能表明学习更困难(常识证明了这一观点)。

就第二语言学习而言，孩子越早学习语言，掌握语法就更快更容易。但是，语义学习可以也确实持续终身，而不受时间的限制。语法学习的研究是学习敏感期以及经验期待型学习的一个例子。对晚学习者而言，并不一定丧失了学习的效率与掌握水平，而是由于在生物限定的时间段内，没

① 这里提及两个主要加工过程；但是，Neville 博士提到，语言包括其他一些加工过程，如理解情境与意图、韵律与语音等过程（见 the New York report on the OECD website，前引文献）。

② 在一些极端的案例中也有第一语言学习晚的例子，如没有与孩子直接交谈或者他们的语言输出受到了忽视。

有接受相关经验，学习会更加困难。

该领域的研究对教育政策的一个明确启示是：13岁以后学习第二语言（第二语言的语法不同于母语——例如，母语为法语的人学习英语）很可能导致该语言的语法掌握程度不高。许多国家的教育实践中，13岁左右才开始学习第二语言，这种状况与该研究结果存在着冲突。这一研究结果对教育政策的另一个明确启示是，如果能确定脑的哪一个系统受敏感期的限制，哪一个系统不受敏感期的限制，开发与实施合理的教育与康复计划就可以成为教育决策者的一个目标。就世界范围而言，了解语言学习起步晚常常导致学习更加困难是一回事，而确认这一研究结果并以此为依据来制定公共教育政策则是另一回事。与第二语言学习有关的任何公共政策与干预措施（例如，提高语言学习起步晚的人学习语言的能力）都必须考虑大脑是如何加工语言的，以保证其有效性。

正如科学中常常遇到的，提出假设有时具有挑战性，成人第二语言学习的研究就是这样。人们知道，母语为日语的人区别英语/r/和/l/（例如单词“load”和“road”中）相当困难。这些困难甚至在英语国家生活多年后仍然存在，这一事实为语音辨别能力的习得中存在着“敏感期”提供了依据。[①] Bruce McCandliss博士认为，这种观点的问题在于，它可能使人们产生错误的推论：学习障碍在敏感期以后就变成永久性的了。研究者做了大量的研究来说明这不是事实，成人在这方面也能够进行新的学习。研究中大量输入/r/和/l/语音，使母语为日语的人能够明确地区别这两个语音。被试受到短期训练以后，在听没有训练过的语音时，能够迁移这种能力。一些经典的脑成像结果初步证明，这种训练影响了负责母语语言感知的大脑皮层。

4.3.2 阅读技能

孩子4—7岁到学校上学时，他们已经能够熟练地识别所看到的物体，

① 正如Neville博士在纽约论坛上论证语音“敏感期”（或者语音的感知、产生以及综合）时所提到的：“你听到有人用外地口音来说你的母语的时候，你可以肯定他（或者她）是在12岁以后学习这门语言的。”（见 the New York report on the OECD website，前引文献）。

自如地将声音输入转换为语言表征。他们已形成了专门负责这些技能的神经连接，这些连接是受遗传控制的。他们还完全掌握了句法，理解了句子和复杂的句子情境。从牙牙学语到认识字词，再到学会阅读，激活的是不同的脑机制。

就教育而言，这是重要的观点，因为这对字词识别困难的成人和青少年进行干预具有重要的启示。一般来说，学校里的孩子阅读有障碍，人们称他们患有阅读障碍。在鉴别阅读障碍的孩子时，至少有一个脑区是非常重要的，这个区就是左侧颞上回（superior temporal gyrus），用于注意词汇的声音结构。研究者发现，在与阅读和语音技能有关的任务中，患有阅读障碍的 10 岁儿童不能正常地激活这个脑区，这些读者额叶的活动比正常人更活跃，这可能反映出这些脑区试图补偿他们的缺陷。随着阅读障碍的研究深入，神经科学研究者和教育者开始明白，为什么有些智力正常的孩子不会阅读，或者至少在学习阅读的时候会遇到严重的困难。

发现学习困难是由于“脑的问题”造成的，人们会情不自禁地认为，单纯靠教育手段很难矫治。但是人们也可以否定这一观点，当人们能够借助认知神经科学工具，充分理解将技能分解为一个个信息加工步骤和功能模块之时，就是设计有效的矫正项目之时。这就是 Bruce McCandliss 博士和 Isabelle Beck 博士在阅读障碍研究中所做的事情，根据阅读障碍儿童没有受到损害的阅读技能要素，提出教授词语发音的新方法。当然，深入理解将技能分解为一个个认知过程的方法，也可能有助于为正常孩子设计更好的教学方法。

Bruce McCandliss 博士和 Isabelle Beck 博士运用“单词建构法”（Word Building Method）来表明阅读障碍的孩子是能够学会阅读的。他们帮助孩子从阅读经验中进行概括，使之能够将从某些单词中学会的知识迁移到新词汇中。这些技能包括字母解码和词汇建构，可以使阅读困难的孩子逐步掌握越来越多词汇的发音，这种方法让他们知道用很少的字母可以构成大量的单词。由于很多学龄儿童在阅读方面有困难，注意这些问题可以使部分学习者参与到最基本的语言交流中，同时可以减少他们社会边缘化的危

险。其他一些人，其中最著名的是 Paula Tallal 和 Michael Merzenich 博士，报道了采用不同技术得出的同样研究成果。尽管这些研究成果有时自相矛盾，但是他们的方法至少可以帮助一些孩子。虽然关键问题并不在于某种方法是否比其他方法更有效，但是我们已经注意到，解决这些问题的理论机制与方法机制是存在的，而且发展很迅速。像 Emile Servan-Schreiber 博士一样，许多人预言，阅读障碍的研究与治疗将在不久的将来成为认知神经科学的一个重要的"成功故事"。

4.3.3 数学技能

数学思维，包括人们对数字的思考与运用，这对刚进校门的孩子来说总是困难的。但是根据 Stanislas Dehaene 博士的观点，婴儿天生具有数字感，这构成了初步的数字理论。负责这种能力的脑区——脑顶内沟（intraparietal sulcus）专门用于表征数量，使婴儿能够理解"许多"和"一些"之间的差异。学校里的数学学习要鼓励孩子超越其天生的估算能力，区别不同大小的数字，进行数学运算与操作。

最近有关数学学习与认知神经科学的研究表明，在数学中，脑运用不同的区域来完成不同的任务。① 三重编码模型（The Triple Code Model）② 提出，三种基本数字操作要运用三种不同的脑区。在看到阿拉伯数字如"3"时，梭状回（fusiform gyrus）激活；在听到或读到言语数字如"three"时，外侧裂区（perisylvian area）激活；在比较数量的大小时，如

① Diego Alonso 博士在格兰纳达论坛上报道，行为与脑成像研究表明，精确的算术运算运用左前额叶（在词汇记忆任务中，这个脑区常常激活）。另一方面，数学估算包括左右顶叶下部（这些区域与视觉和空间任务相联）。额叶前部皮层和前扣带脑皮层通过控制非自动化的策略而在复杂计算中发挥重要作用。但是，应该注意的是，除了上面提到的脑区，其他脑区也参与数学加工。Alonso 博士提到 George Lakoff 和 Rafael Nuñez 博士的研究工作，他推测，认知神经科学下一步可以进行的研究是：人们是在何种程度上运用图像图式（即空间关系，如容量、密度、中心与边缘等）与概念隐喻（不同集合间的对应关系，保留了推理的结构）来构建与理解数学的？（见 Granada report，OECD website，前引文献）

② Dehaene 博士的脑模型描述了儿童在学习或者进行数学运算时的一种脑区激活系统。要了解更多的信息，见 Dehaene，S.，Spelke，E.，Pinel，P.，Stanescu，R.，and Tsivlin，S.（1999），"Sources of mathematical thinking: Behavioural and brain imaging evidence"，*Science*，Vol.284，No.5416，pp.970 - 974.

“3 比 1 大”，运用的是顶间叶（interparietal lobes）。这一研究让科学家和教育家都认识到脑半球是协同运行的，而不是单独运行。[①] 但是，导致脑网络损坏的脑损伤或者其他任何形式的伤害都会产生障碍，即人们所称的计算能力缺失或者计算障碍（缺乏计算能力）。患这种障碍的儿童和成人，不能正常地运用上述脑区，因此不能理解数量的意义，如，他们不会运算“3 减 1”，不能理解 2 与 4 之间有哪些数字；换句话说，他们丧失了空间数量的概念。

研究人员提出，除了脑损伤或者脑障碍，至少还有两种不同的原因造成了数学困难。一种原因可能是，有些网络，如与数量有关的网络可能受到损害或者解体，使个体很难理解数字中所包含的信息；另一种原因可能更普遍，是儿童还没有学会把数量表征与词语符号及视觉符号联系起来。对于儿童来说，这可能很难达到，因为符号思维或者符号转换来自教育经验和文化经验。

正如前面阅读障碍的例子所表明的，Dehaene 博士的认知神经科学模型提供了数学技能任务的分解方法，这种任务分解法可以用于设计或者验证教学方法。尤其是脑内数量表征和词语系统的分离证明了不用语言来进行思维的可能性，这表明，强调数字的空间物体或者具体物体隐喻的教学材料，如数列或者亚洲的算盘可能特别适于培养数字意识。“适时开端项目”（the Right Start programme）[②] 传授数学的基本技能如数数，将数字、数量与数列概念对应起来，利用数量表征系统来说明数学教学的有效性。该计划运用物体如“蛇与梯子”[③] 的游戏来教孩子数字的空间类比概念。这种类型的训练成功地矫正了儿童的数学障碍，在每隔 20 分钟通过 40 局后，有些孩子开始在数学课堂中赶上正常发展的孩子。

---

① 见 4.6.2 的“大脑半球侧化”。

② “适时开端计划”——见 Dehaene，S.（1997），*The Number Sense*，Oxford University Press，Getty Center for Education and the Arts。

③ 这最初是亚洲棋盘游戏，叫作 Parcheesi，一种道德游戏（梯子通向善的高层，但是有许多蛇阻止人们到高层）。在东方和西方，该游戏还在流行，但是已经演变为一种运用数学技能来获得最多点数的游戏。

4.4 情绪与学习

4.4.1 情绪脑

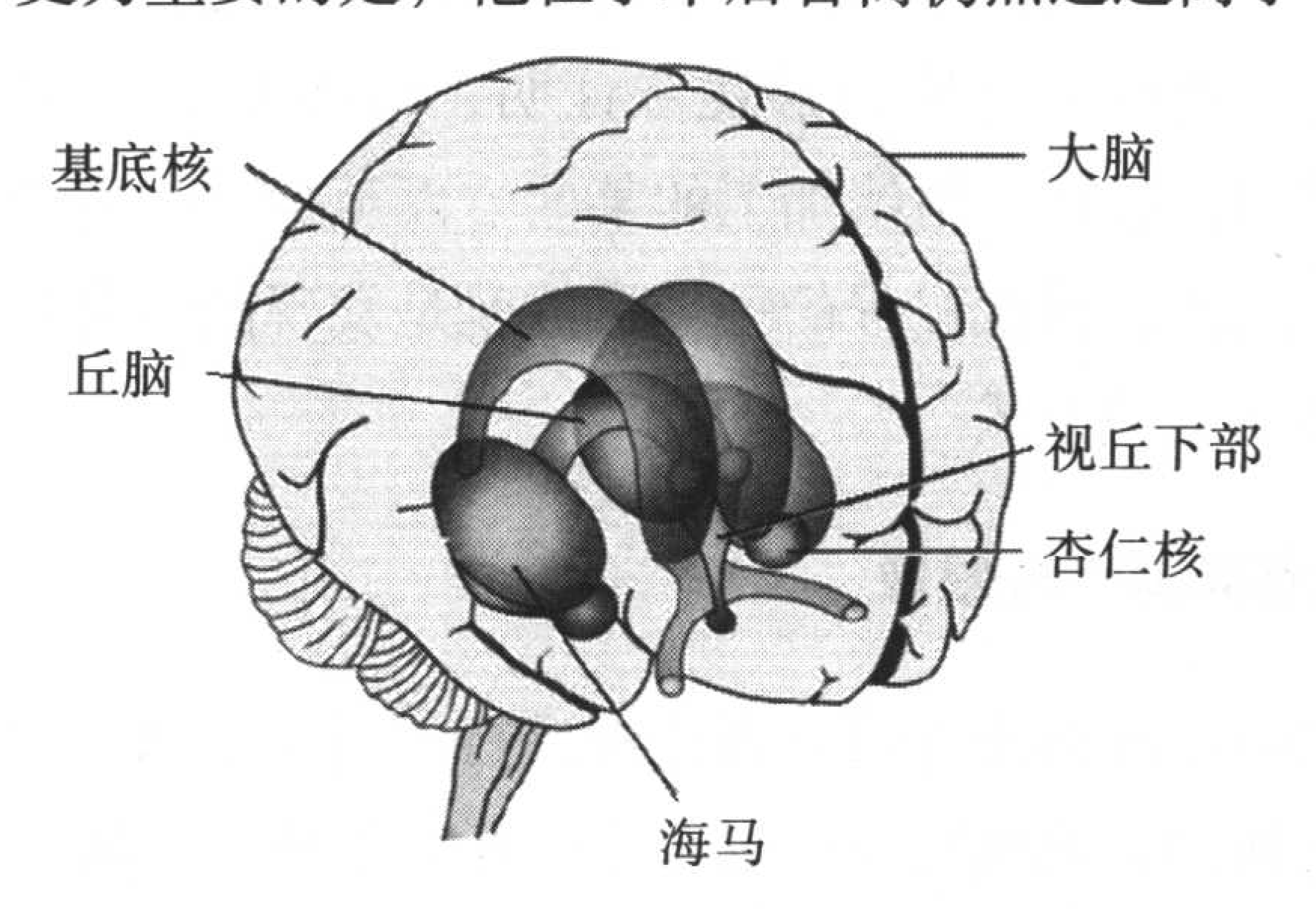
过去，关于教育目的的讨论大多集中于怎样通过阅读、写作和数学技能来掌握认知技能。但是现在，科学家通过实验开始意识到教育者在学校中所见到的现象：情绪部分地影响孩子与成人的总体认知掌握水平，因此需要更充分地研究。儿童的教育和培养与他们脑的发展以及自然知识的形成之间产生相互作用。在情绪能力或者灵活性发挥重要作用的那些教育方面尤其重要，这也是David Servan-Schreiber博士所提到的成熟的、有责任心的公民的重要性。有些研究者质疑教育系统能否适于情绪能力的培育，因为目前学校体系或者教育政策并没有把这些个性方面的问题作为要关注的教育变量来加以解决。认知神经科学发现人格变化的神经基础后，才能促使它们变得更明确、更容易理解，才能使教育体系逐渐关注情绪与自我调节能力的教学。这对教育政策的一个重要作用在于：对儿童的这类自我调节是怎样形成的以及它的形成与基本神经系统的成熟有怎样的关系这两个问题的理解更准确、深入。[①]

当代认知神经科学为具体任务的加工过程进行细致的成分分析提供了工具。这种分析一般关注学习的认知方面，情绪或者情感领域的同样分析则受到忽视，因为人们还没有认识到这些情绪成分在有效认知功能中的作用。正因为如此，这一领域的信息不仅少，而且很不完整。测量工具的缺乏与理论基础的薄弱限制了教育实践中情绪调节研究的发展。

虽然情绪调节缺乏神经心理学研究，但是科学家已经确定了情绪表达的生理结构。在人脑的中央，有一些人们称之为边缘系统的结构（见图3）。这一系统的主要结构是杏仁核和海马。人们也将脑的这个区域称为“情绪脑”，它与额叶皮层（frontal cortex）相连。如果这些连接由于应激

① 见 the New York report on the OECD website，前引文献。

或者恐惧而受到损伤[①]，社会判断与认知表现就会受到影响，因为学习的这些情绪因素，包括对奖励和危险的反应，是折中的。这里有一个在脑情绪区域与认知区域之间进行相互作用的部位受到损伤的例子：根据 Antonio Damasio 博士的研究，美国爱荷华州一个过去智商很高（根据传统标准：智商为 130）、很成功的会计，由于病变而切除了部分脑，切断了脑认知与情绪之间的交流。手术后几年，他一直接受医疗观察，他的智商仍然远远高于平均之上，但是他的社会判断能力遭到破坏，结果失去了工作，而且其他工作也不能持久。他卷入一些商业冒险的阴影中，后来与结婚 17 年的妻子离婚，重新娶了一个比他大很多的有钱妇女，他把她描述为"老社会名流"。这个例子描述了丧失社会判断力的一个极端个案。对于教育过程而言，更为重要的是，他在手术后智商仍然远远高于平均值。[②]



资料来源：Adapted by Jean-Pierre Souteyrand from Thompson, R.F. (1993), *The Brain: A Neuroscience Primer*, W.H.Freeman and Co., New York.

图 3　人脑的内部结构，包括边缘系统

① Joseph LeDoux 博士在纽约论坛上发表了有关杏仁核这一情绪前沿的最新研究成果。杏仁核在处理恐惧情绪方面发挥了重要的作用。他的研究确定了脑产生恐惧情绪的特定网络结构。其他情绪可能是由脑中不同网络结构产生的，可能与恐惧系统没有关系。辨别危险并立即作出反应的能力在杏仁核（至少部分在杏仁核，因为，杏仁核也有其他情绪作用）。杏仁核中断行为或思维活动，迅速引发身体的生存反应。不管这种例子与教育情境的距离有多远，关于恐惧的神经科学研究已经确定了几个事实，这对理解情绪在教育中的作用非常重要。在学校情境中，中断的功能可以解释注意力分散的一些现象。课堂中的应激与恐惧通过降低对学习任务的注意力而影响学习的能力，因为恐惧系统牵涉到身体与情绪的需要。

② David Servan-Schreiber 博士的讲述，见 the New York report on the OECD website，前引文献。

所有社会环境，尤其是学校与工作环境，要求孩子拥有情绪能力来发挥正常的作用。情绪能力包括但是并不限于：自我意识能力、自我控制能力、具有同情心、解决冲突的能力以及与他人合作的能力。正如 Masao Ito 博士所指出的，人类有了情绪脑，就能够思考所接收的信息的价值，这是人区别于其他哺乳类动物之处。①

从心理学上说，人们知道，情绪加工是迅速的、自动的、未受到注意过滤的，与人们所描述的冲动相对应。实际上，情绪加工的这个方面构成了个体的气质或个性，这些常常在正常的认知教学之外，但是在面临新的教育情境时就变得非常重要。有些孩子在新的情境中表现出恐惧、沮丧，而有些却显得很兴奋。关于杏仁核与情绪加工的研究使研究者明白获得情绪能力的复杂性，因为，它与脑的情绪与认知部位之间进行交流有关。随着研究的进展，神经科学家能够逐步证明：情绪加工或者有助于教育过程，或者阻碍教育过程。情绪加工的某些方面至少是天生的，不容易受到环境的改变。因此，教育过程的一个目的就是发现能够有效地与不同情绪类型的学生打交道的方式。

4.4.2 情绪调节与想像

Stephen Kosslyn 博士等研究者正在进行的研究表明，情绪脑是与脑的感知区域相连接的。脑枕叶（Occipital Lobe）是感知区域的一部分，不仅参与感知，而且还参与心理想像。脑成像研究反复证明，在感知时，想像行为激活与感知相同的许多区域。

目前，与想像中性刺激（如台灯或者椅子）相比，被试想像负性刺激（如打肿的脸或者烧焦的躯体）的脑成像研究表明，某一脑区更为活跃。这些脑区包括前脑岛（anterior insula）（在边缘系统中），主要负责记录身体自主变化的区域。正如 Kosslyn 博士所指出的，研究已经开始证明，负

① 根据 Ito 博士（见 the New York report on the OECD website，前引文献）的报道，从教育的观点来看，一个重要的功能是“情绪价”（emotional valence）或者情绪能力使人类从孩提时代起就能够判断一定的情境。情绪脑使我们“不仅仅是加工信息的计算机，因为它让我们判断与思考这种信息的价值，让我们拥有感情，并能感受到美。”

性想像事件不仅在脑中记录下来，而且影响身体。

这些研究表明，学习者可以通过形成具体的心理想像来改变他们的情绪状态。想像可能在教育中发挥这样一些用途：把想像作为记忆的辅助，通过想像与之相关的物体来更好地记住词语；把想像作为心理辅助，来克服考试焦虑症和恐惧症。Kosslyn 博士还指出，将想像作为一种激素调节物，可以间接地影响认知能力，例如，人们知道荷尔蒙睾丸激素水平影响空间能力。比赛的胜利会提高血液中这种激素的水平，比赛失败则降低这种激素水平，因此，有可能仅仅想像这种情景也能够影响这种激素，从而影响空间能力，这方面的研究正在进行当中。[1]

4.4.3　随意控制：一种教育变量

（利用认知心理学和儿童发展研究的）脑科学研究已经可以确定这样一个关键脑区，它的活动和发展直接与自我控制的表现和形成相关。例如，一项测量认知控制的经典实验是“色词命名”[2]（Stroop task）。在这项任务中，给被试命名颜色的单词，这些单词或者与命名的颜色相同（如，用红色来印“红”这个词语）或者不同（如，用蓝色来印“红”这个词语），要求被试大声地说出印刷词语的颜色，词语与所命名的颜色不一致比一致的难度要大得多。这类色词命名任务中的行为往往激活位于前中部的一个特定脑区，这个脑区在眶额皮层（orbito-frontal cortex）的后面，称为前扣带回（anterior cingulate）。前扣带回在负责识别错误的网络中似乎发挥着重要的作用，不仅负责调节认知过程（如上述色词命名任务），而且还负责调节情绪，从而获得人们所称的有意行为或者自动控制行为。[3]

自我调节是儿童在社会环境中所需要的一种最重要的行为和情绪技能。这种控制自己的冲动而延迟满足的能力是“随意控制”情绪技能的一

---

① 见 the New York report on the OECD website，前引文献。

② 在纽约论坛上 Michael Posner 博士报告（见 the New York report on the OECD website，前引文献）。

③ 想了解有关扣带回在思维与情绪活动调节中的作用的各种理论综述，见 Bush，G.，Luu，P.，Posner，M.I.（2000），“Cognitive and emotional influences in anterior cingulated cortex”，*Trends in Cognitive Neuroscience*，Vol.4，No.6 [39]，pp.209－249.

个方面。[①] 从教育视角来看，注意与行为的自主控制可以迈向学习的成功。根据 David Servan-Schreiber 博士的观点，情绪在教育中的作用可以促进这种“成功”，人们可以为这种成功制定一系列松散而有意义的标准(这些标准包括但是不限于：生活的满意度、建立亲密的关系、没有自己挑起的生活创伤)，从而形成积极的、有益的关系与职业前景。换句话说，它有助于形成负责任的公民。

一项追踪研究[②] 证明了推迟满足感对教育的重要性。在该项研究中，给 4 岁孩子的任务是，当他们独自在房间的时候，若不吃摆放在他们面前的软糖，在实验者回来后就可以得到两颗软糖的奖励。孩子抵制吃软糖的诱惑时间与以后取得的学业成功之间有显著的相关性。学业成功依据的是处理沮丧与压力、完成任务的毅力以及专注性的能力标准。另外，推迟享受时间更长的这组学前儿童在后来的 SAT 考试（学校的性向考试，综合考察数学和阅读技能等各种要素的青少年考试，是高等教育的入学选拔考试）中成绩高于那些不能推迟享受的儿童，在推迟享受时间与 SAT 分数之间确实存在着显著的相关性。[③]

4.5 终身学习脑

贯穿这一节的是老年人的脑可塑性和认知活力的概念，它们是保证终身学习的关键。对于成年人脑的研究一直关注退行性疾病和认知的总体衰退，原因在于试图帮助那些患有阿尔茨海默病、老年抑郁症等疾病的人，同时有资金做实验。另外，研究者发现，关注退行性疾病常常能够对正常功能提供重要的发现。本节讨论衰老及其矫治和重建的策略。

---

① Posner 博士在纽约论坛上提到，这种概念与儿童在学校和家里的自我调节行为有关。随意控制可以通过分析家长对孩子专心活动的倾向（集中注意）、克制力的训练（抑制控制）、享受低强度的刺激（低强度的快乐）、并显示出对环境中细微变化的意识（知觉敏感性）等问题的回答来判断（见 the New York report on the OECD website，前引文献）。

② From Dr. Walter Mischer and Colleagues。

③ 由 David Servan-Schreiber 博士引用（见 the New York report on the OECD website，前引文献）。

数据[①] 表明，大多数认知能力的普遍衰退从 20 岁到 80 岁。[②] 在字母比较、范式比较、心理旋转、计算范围、阅读范围、线索回忆、自由回忆等方面都表现出衰退的现象。相比较而言，与生命早期的脑科学研究成果相一致，在 70 年的生命历程中，有些认知能力有显著增加，而有些则到 80 岁才开始衰退。[③] 在东京论坛上[④]，Ito 博士指出，在脑随年龄而衰退方面有一些广泛流行的看法：人们普遍认为，脑每天损失100 000个神经元，而抽烟喝酒加快了这种损失的速度。但是，有人运用新的技术来检验这种看法，如 Terry 博士和同事[⑤] 的研究就表明，如果计算脑皮层每一个区域总的神经元数目就会发现它与年龄没有关系，而在计算脑皮层大的神经元数目时年龄才是一个因素。这些大的神经元由于小的神经元数目的增加而减少，所以总的数量是相同的。但是，随着神经元变小，神经回路会有一定程度的增加，因而可以推测突触数量会减少。而且，连接数量的减少可能意味着可塑性降低，但是这并不意味着认知能力的下降。相反，神经网络模型向研究者揭示，技能的获得是由于修饰了一些连接，同时强化了另一些连接。

一段时间以来，神经科学家已经知道，在生命的历程中，由于学习经验的影响，脑会发生显著的改变。这种脑对环境的要求作出反应的可塑性[⑥] 或者灵活性的研究是令人鼓舞的，并开始使研究者更深入地理解成年人脑中突触形成（在脑细胞之间形成新的连接）的作用。而且，长期的学习，由于需要在神经元之间形成新的连接，实际上修饰了脑的生理形态。例如，如果读者从现在起到 6 个月后仍然记得本书的内容，那是因为他的

① 来自密歇根大学。
② 同时见 agingmind.isr.umich.edu/。
③ 任务包括：许氏词汇（Shipley Vocabulary）、反义词、同义词。
④ 见 Tokyo report on the OECD website，前引文献。
⑤ 见 Terry，R.D.，DeTeresa，R.，Hansen，L.A (1987)，“Neocortical cell counts in normal human adult ageing”，*Annuals of Neurology*，Vol.21，No.6，pp.530－539.
⑥ 正如 Posner 博士在纽约论坛结束其讲话时所说，“我认为，我们确实抛弃了 0 到 3 岁的谬误，取而代之的是可塑性与阶段性的重要性。换句话说，脑是可塑的，然而在我们生命的某个阶段发生某些事情对早期学习和终身学习都非常重要”（见 the New York report on the OECD website，前引文献）。

脑在阅读的时候（以及后来在回忆某个部分的时候）作了自动的修饰。

认知神经科学所了解的是：我们必须区别生命早期自然发生的突触形成以及生命历程中由于复杂环境的影响而产生的突触形成。要说明掌握语法在年轻的时候效果好、但是词汇学习持续终身这个观点，研究者可以参照先前提到的经验期待可塑性与经验依赖可塑性。①

许多研究者认为，经验期待可塑性是种属发展的特征，经验依赖可塑性是健康脑的自然条件，这种特征使我们在一生中都能学习，有助于说明学习的个体差异。

4.5.1 年龄与疾病：阿尔茨海默病和老年抑郁症

成人和老年脑的研究资金主要集中于疾病方面，全社会范围对神经退行性疾病的大量而不断增长的投资就说明了这一点。② 单就美国而言，阿尔茨海默病影响了大约 400 万成年人，每年造成经济损失达1 000亿美元。

神经退行性疾病的影响在老年认知功能方面尤其显著，它不仅剥夺了个体的自我意识，而且也销蚀了社会已经积累起来的专业知识与智慧。随着世界老龄人口的增加，这个问题更加突出。

Raja Parasuraman 博士解释了阿尔茨海默病造成脑不可逆转的损伤方式。这种疾病的症状常常始于成年后期，认知功能、记忆、语言以及感知能力的丧失非常明显。阿尔茨海默病的病理是形成老年斑。③ 这些变化在

---

① 从学习发生的难易程度上来说，依赖敏感期的学习过程，如语法学习，期待在一定的时间段（敏感期）发生相关的经验，这就是经验期待现象。人们认为经验期待学习发生于生命的早期。人们把不依赖于敏感期的学习过程如词汇学习称为经验依赖现象，学习经验发生的时间段不受年龄或时间的限制，这类学习是终身的（见下面的 4.5.3）。

② 正如 Raja Parasuraman 和 Jarl Bengtsson 两位博士在东京论坛上所说（见 Tokyo report on the OECD website，前引文献），根据 Shinobu Kitayama 博士的观点，必须把认知老化当作与老化及诸如理性、主观幸福感等概念有关的文化与社会信仰体系的一种变化来研究。最重要的文化心理学项目是提出与许多心理过程的普适性假设效度有关的问题，是表明存在着其他的可能性，是运用适当的分析方法来拓宽人类与行为科学的实验数据。在特定的文化环境中必然会发生生物性的老化，由于环境的具体性，其结果也就多种多样。衰老对认知的影响不仅必须从更整体、更综合、更侧重关系以及更基于智慧的认知方面来研究，而且还应该与强调分析、强调对象、侧重个体的认知结合起来进行研究（见 Tokyo report，OECD website，前引文献）。

③ 这些斑块是不正常的细胞侵蚀周围的蛋白质而聚集起来的，神经细胞内部的神经纤维（neurofilaments）纠缠在一起，神经元树突萎缩，神经细胞丧失。

海马区特别明显，海马区即“情绪脑”的一部分，是短期记忆的关键部位，该部位接收有待储存于长期记忆中的新信息。

由于没有可靠的方法来探测阿尔茨海默病，这种疾病的早期阶段可以通过行为检测或者基因检测较好地诊断出来。在早期阶段，很难从行为上来诊断，因为人们对与正常衰老有关的认知变化尚知之甚少。认知功能的衰退随着年龄的增长[①] 而加剧，这与阿尔茨海默病的潜伏症状相似。根据一些研究者的研究，将研究资源导向注意功能[②] 的研究以发现阿尔茨海默病的早期症状可能是有利的。其原因有二：首先，发现注意功能受到损伤，即使对个体产生了轻微的影响，也可以提供非常有价值的预告；其次，阿尔茨海默病所产生的主要功能失调区域是记忆功能区[③]，常常能够通过研究注意功能来解决。

神经系统的注意调节功能[④] 是许多研究的目标，相对理解得比较透彻。空间选择注意的两个方面（注意转移、空间范围）在阿尔茨海默病的早期阶段就受到明显的损害。因此，评价这些功能的任务可以作为早期诊断的有益选择。事件相关脑电位（ERP）、正电子发射断层扫描（PET）、功能磁共振成像（fMRI）[⑤] 等研究表明，注意任务确实提供了早期注意功能失调的敏感性行为实验。

早期诊断阿尔茨海默病的另一种方法是，开始鉴定出在基因方面容易患阿尔茨海默病的正常年龄的成年人。最近的研究揭示出阿朴脂蛋白 E 基因在形成阿尔茨海默病中的遗传性。[⑥] 与那些没有 E4 等位基因的人相比，E4 等位基因携带者显示出空间注意的缺失，性质上与临床诊断出阿

---

① 见 agingmind.isr.umich.edu/。

② Parasuraman 博士在东京论坛上的报告(见 Tokyo report on the OECD website，前引文献)。

③ 尤其在类胆碱功能系统中。

④ 这些功能包括选择性注意、警惕性和注意控制。

⑤ 关于脑成像技术的论述，见上面的 4.2 节和术语表。

⑥ 阿朴脂蛋白 E（APOE）基因是作为三个等位基因 E2、E3、E4 来遗传的。E4 等位基因非常容易患阿尔茨海默病，见 Greenwood，P.M.，Sunderland，T.，Friz，J.，and Parasuraman，R.（2000），“Genetics and visual attention: Selective deficits in healthy adult carriers of the e4 allele of the apolipoprotein E gene”，Proceedings of the National Academy of Sciences，United States，Vol.97，pp.11661－11666。

尔茨海默病的患者相似：一是注意力涣散增加；二是空间注意的能力降低。这些注意缺失的症状可以在没有症状的50多岁的健康成人身上出现。

行为与遗传指标都可以用来开发与验证预测严重的老年认知衰退的新标准。运用改进了的诊断证据，可以开发与拓展提高老年认知功能的药理学与行为学的治疗或干预策略。最近的一系列研究[①]表明，注意提示（警觉和警惕性训练）的益处在于，通过降低健康成人和阿尔茨海默病患者的注意缺失、加强学习而减轻阿尔茨海默病的症状。这样一类干预可能有用，因为脑中突触连接的细微结构不受基因的直接控制，而受生命过程中经验的影响。

抑郁症有许多症状，如精力不集中、缺乏兴趣等，还包括失眠、没有胃口、缺乏快感等症状。老年抑郁症与年轻人的抑郁症不同，病因更加复杂，因而也更难治愈。[②] 与其他年龄相关的疾病一样，老年抑郁症已经成为保健与社会的主要负担，目前，老年抑郁症的发病率仅次于痴呆。[③]

抑郁症可能是由于脑的一般退化所引起的（如阿尔茨海默病、帕金森病和中风）。老年人与年轻人之间抑郁症的主要差异在于，老年人的这种疾病受遗传因素的影响比较少。除上述器官方面的原因，老年抑郁症可以在一些病例中找到踪迹，如突然失去了社会角色、失去了重要的亲人，在经济、身体和心理等能力方面下降。

根据 Shigenobu Kanba 博士的观点，社会认识到以下两个改善老年抑郁症的重要方面并采取措施是非常重要的。第一个主要是心理方面的，与“目标的丧失”有关。例如，社会应该努力使老年人不突然失去他们的社会角色、工作或者自我的价值。这样做的方法之一是提供多种途径，可以鼓励并利用[④]老年人

① 见 Parasuraman and Kramer 博士东京论坛的发言（见 Tokyo report onthe OECD website，前引文献）。

② Shigenobu Kanba 博士在东京论坛上提到，老年人由于生理衰退，如深部脑区心血管阻塞，或者也被称为基底核（basal ganglia）轻微梗塞等，抑郁症的病例非常复杂（见 Tokyo report on the OECD website，前引文献）。

③ Kanba 博士在东京论坛上的报告（见 Tokyo report on the OECD website，前引文献）。

④ 贡献包括但不限于知识、专业技能的运用与成熟性。

对社会的贡献。①

老年人不仅在解决实际问题、人格的开放性方面对社会作出贡献，而且人们现在也认识到了他们在创造性与创造财富方面的积极作用。实际上，很久以来，就有证据表明，创造性大体上是与智力相分离的（人们需要的只是具有创造性的某种智力“阈限”，但是高于这个阈限，这两种能力之间就没有关系）。因此，与年龄有关的任何高层次的认知功能衰退，并不一定影响创造性。Yoshiko Shimonaka 博士做了一项研究来验证年龄对 25—83 岁的日本成年人创造性的影响。② 在思维能力的流畅性、创新性方面，在创造能力的产生与应用方面都没有发现年龄的差异。③ 但是，在流畅性与创造性能力的产生方面存在着性别差异，女性得分高于男性。这些结果表明，成年阶段保持了各种创造力。老年人为年轻人提供指导的过程可能是互惠的，鼓励老年人为年轻人提供指导可以减轻心理性老年抑郁症。

4.5.2 健康与认知活力

自古以来就有身体健康与心理健康相互联系的观点，Juvenal 曾用拉丁诗文《健康身体中的健康思维》④ 来表达这个观点。一份动物研究的文献综述⑤ 表明了提高认知功能的乐观理由。⑥

---

① 在这方面，Denis Ralph 博士在东京论坛上描述了澳大利亚自然形成的学习共同体。他举例说明专门的共同体是如何帮助老年人的。在这些共同体中，老年人借助计算机来重新发现学习（*Australian National Training Authority*, *National Marketing Strategy for Skills and Lifelong Learning*; report presented to Ministerial Committee, November 1999, URL: www.anta.gov.au. 这份报告讨论了澳大利亚共同体内学习的态度与价值，参与学习的动机，可能影响学习参与的因素）。

② 测量创造性的量表由 J.P.Guilford 编制。量表由思维能力（流畅性、灵活性、创新性与详尽性）和创造能力（生产力、想像力和应用性）组成。

③ 在东京论坛上，Tudela 报告说（见 Tokyo report, OECD website, 前引文献），在正常年龄的技能学习文献中，有许多任务是直接比较年轻人和老年人的。在这类任务中，有些例子是年轻人比老年人表现好，而有时两者表现同样好。但是不幸的是，由于缺乏对知觉、运动与认知技能的性质进行成分分析的方法，阻碍了对正常老年人技能获得的研究。因此，需要对组成要素进行适当的成分分析，如果可能，还要进行神经机制分析。换句话说，这种形式的研究必须自觉地运用认知神经科学的分析方法来设计任务。

④ 拉丁文为 “mens sana in corpore sano”。

⑤ 是由 Kramer 博士做的。

⑥ 这些研究关注突触形成（synaptogenesis）与神经形成（neurogenesis），关注与脑获得神经营养素（BDNF）、多巴胺接受器的密度和维生素 B 复合体 choline 的吸收等有关的正性生物化学变化。

据 Itaru Tatsumi 博士报道，日本最近一项研究[①] 比较了日本年轻人与老年人的语言熟练程度（老年人常常抱怨正确提取熟人与名人的名字有困难）。实验要求年轻被试和老年被试分别在 30 秒内大声说出给定类别中尽可能多的单词（语义和声音范畴）。老年人能够提取的单词数大约是年轻人的 75%，他们表现出单词流利性降低，提取名人名字难（他们的平均成绩是年轻被试的 55%）。Tatsumi 博士的实验并不局限于心理物理学的研究，他还报道了用正电子发射断层扫描仪对老年被试和年轻被试在单词流畅性任务中所观察到的激活研究，年轻被试在提取适当名字时左半球的前颞叶（anterior temporal lobe）和前额叶（frontal lobe）激活。在提取有生命和无生命的名字及音节流畅性方面，左半球的后下侧颞叶（infero-posterior temporal lobe）和左下前额叶（left inferior frontal lobe，布罗卡区）激活。而在老年被试中，激活的区域一般比年轻人小，有时没有激活。而且，有些区域年轻被试没有激活，老年被试却激活了。这些研究结论需要进一步研究，因为人们可以解释，老年被试的激活反映了他们努力补偿单词提取方面的缺陷。另一个结论与老年人脑的活力有关，任务的流畅性和经验需要降低脑的活动水平。可能是为了提高加工的效率，运用脑的机制，这些任务还可以分散到脑的不同区域来加工。

最近，对已有的跟踪研究数据运用元分析技术进行再分析[②] 后表明，健康状况的改善和认知活力之间存在着更积极有力的关系，尤其是在执行过程中（管理或控制心理过程）。不断增多的数据表明，与执行过程有关的脑区（如前额皮层和海马[③]）显示出与年龄不成比例的大衰退。这些衰退可能会由于良好的身体健康状况而减缓，尤其是有研究表明，任务水平

① 由 Sakuma 等研究（见 see Tokyo report，OECD website，前引文献）。

② 这样做是为了减少在人的研究中所运用的横向研究、流行病学研究以及追踪研究这三种方法在方法论方面存在的局限性。横向研究显示健康老人更具有认知优势，但是这些研究也包含有横向研究的典型缺陷（如自我选择的偏见）。流行病学研究罗列出与认知活力有关的一系列因素，如艰苦的训练等，很难将认知活力与个体因素的作用分开来。跟踪研究的发现还不明确，六项研究发现，认知优势与身体健康状况的改善有关，四项表明没有关系，两项结果模棱两可。

③ Raz，N.，Williamson，A.，Gunning-Dixon，F.，Head，D.and Acher，J.D.（2000），"Neuroanatomical and cognitive correlates of adult age differences in acquisition of a perceptualmotor skill"，*Microsc Res Tech*，Oct.1，Vol.51，No.1，pp.85－93。

的提高与心血管功能呈正相关。[①] 某些训练研究也表明，空间定向、归纳推理、复杂任务切换活动如驾驶等都具有积极的结果。一般而言，不断增加的实验证据表明，行为干预，包括改善健康与学习状况的行为干预（响应“锻炼你的脑”的口号），而不是药物治疗，甚至可以改善老年人的表现。未来研究的重点是广泛应用这些研究成果。

4.5.3 可塑性与终身学习

脑因为终身具有可塑性，所以能够保持敏捷性、警觉性以及解决问题的能力。神经科学家曾经认为只有婴儿的脑具有可塑性。因为新突触的迅速增长（突触形成）与新技能的获得是并行的。但是在过去20年里，灵长类动物和类人猿的研究数据证实，脑在整个生命历程中都具有可塑性。[②] 而且，最近发现，脑的一些区域，包括海马在内的所有重要部分，

---

① Kramer博士在东京论坛上强调，这一研究所针对的成人都是正常锻炼的成人，在一段时间里定期锻炼（见 Tokyo report on the OECD website，前引文献）。

② 集中注意特定脑区和具体学习技能可能有助于研究环境对学习的影响，同时加深对脑可塑性的理解。例如，人们已经知道海马参与空间记忆和空间导航任务。（见 Burgess，N.and O'Keefe，J.（1996），“Neural computation underlying the firing of place cells and their role in navigation”，*Hippocampus*，Vol.6，No.6，pp.749－762）。比较伦敦出租车司机与非出租车司机的有趣实验表明，海马的相对大小和激活程度与导航能力之间具有显著相关，这种关系可能有明确的时间性。［见 *i*）Maguire，E.A.，Frackowiak，R.S.and Frith，C.D.（1996），“Learning to find your way around：A role for the human hippocampal formation”，Proceedings for the Royal Society of London（B），*Biological Sciences*，Vol.263，pp.1745－1750；*ii*）Maguire，E.A.，Frackowiak，R.S.and Frith，C.D.（1997），“Recalling routes around London：Activation of the right hippocampus in taxi drivers”，*Journal of Neuroscience*，Vol.17，No.18，pp.7103－7110；*iii*）Maguire，E.A.，Gadian，D.S.，Johnsrude，I.S.，Good，C.D.，Ashburner，J.，Frackowiak，R.S.and Frith，C.D.（2000），“Navigation related structural changes in the hippocampi of taxi drivers”，Proceedings of the National Academy of Sciences，United States，Vol.97，No.8，pp.4398－4403］。同样，听觉皮层和音乐技能的发展之间也有正相关［见 Pantev，C.，Osstendveld，R.，Engelien，A.，Ross，L.E.，Roberts，L.E.，and Hoke，M.（1998），“Increased auditory cortical representation in musicians”，*Nature*，Vol.392，pp.811－814］，运动区与手指运动之间也有正相关，甚至成人只练习5天就会产生正相关［see Pascual-Leone，A.，Nguyet，D.，Cohen，L.G.，Brasil-Neto，J.P.，Cammarota，A.and Hallett，M.（1995），“Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills”，*Journal of Neurophysiology*，Vol.74，No.3，pp.1037－1045］。另一方面，帕金森病人（该病主要是基底核功能异常）学不会一些新技能［见 Gabrieli，J.D.，Brewer，J.B.，and Poldrack，R.A.（1998），“Images of medial temporal lobe functions in human learning and memory”，*Neurobiology of Learning and Memory*，Vol.20，No.1－2，pp.275－283］。

在一生中都能够产生新的神经元。

McCandliss 博士等人的研究表明，老年脑可以克服语言加工和阅读方面存在的障碍。这些新发现可以：

- 更好地理解脑加工语言的不同方式；
- 更明确儿童和成人能够自然地克服语言加工障碍的方式（尤其是阅读障碍）；
- 洞悉怎样的策略可以运用不同的神经网络，帮助阅读困难和言语困难的人；
- 帮助第二语言学习者（成人与儿童）提高理解语音的方式。

许多老化研究是受疾病和病理模式推动的。在这种情形下，重要的是将医疗保健的责任与教育的责任分开来，尤其是阿尔茨海默病和老年抑郁症。[①] 从这两个社会部门中所得到的将不再是以病理学为核心的研究议题：现有的老化研究议题不是由于关注学习而启动的。关注学习的老化研究议题可以采取一些措施，来保证脑功能的可塑性与认知功能的活性一直延续到老年。随着年龄的增长，一些认知能力确实会下降，尤其是患病之后，但是，借助不断改进的脑成像技术和更加灵活设计的研究方案，矫治策略（包括学习任务）与拓展认知功能的研究可以用于增加老年人的满意度，增加他们可能作出的贡献。

4.6 神经科学谬误（Neuromythologies）

4.6.1 将科学与猜测分离开来

随着脑功能成像技术的发展，认知神经科学对认知行为的神经基础研究有了突破性的进展。科学家、研究者、教育专家和决策者对已有的研究成果进行了大量的评论与推测。由于这些研究所具有的优势，许多人都想了解，如何运用这些研究成果来提高或者丰富教育实践。[②] 由于人们迫切

① Ito 博士在东京论坛上的报告（见 Tokyo report on the OECD website，前引文献）。

② 不仅正规的教育实践，而且日常的家庭教育都可能从这些研究中受益。事实上，家长是“神经科学谬误”的重要“市场”。

要求改变整个教育实践的强烈愿望以及对基于脑的教育的兴趣与热衷，在科学领域之外，在脑和心智科学方面出现了许多错误的理解和概念。教师和教育专家急切地将他们在大众媒体[①]中了解到的信息付诸实践；决策者想要运用基于研究的信息来颁布有效的教育政策；甚至商业界也看到了基于脑的学习工具的利润而投入其中。由于对脑科学研究在教育实践中的运用价值的期望，错误观念迅速流传开来，从突触形成的益处到半脑优势，再到学习关键期以及丰富性等，这里仅举这几个最流行的错误观念。杂志上讨论与批判这类错误概念之时，教育者和决策者处于辨别事实与推测的窘境。虽然某些错误概念中也包含了一些事实，但是仔细阅读这些错误论断来源的原始研究，人们发现这些研究或者被曲解了（简单化），或者只是基于动物的实验，对人类的意义不大。[②]

过去，大多数科学家声称，人类在出生时，脑拥有了所有的神经细胞，但是随着新技术的发展，这一事实受到质疑。一些机制，如控制人类生存本能的机制在出生时就已经具备了，但是新生儿的大多数心理连接取决于经验，这些连接如何形成以及何时形成仍然存在着争论。有些科学家认为，这些连接在 3 岁完成，有些科学家认为在青少年期完成，最近的研究表明，突触连接的形成是终身的过程，这一点似乎正在形成共识。这一

① “……在电视上、报纸上、杂志上都有这种脑的信息：这对学校的教师意味着什么?”(Mark Fletcher，during the Granada forum)“（教师）对他们的学科、数学或者生物学等了解很多，但是对神经科学与心理学习理论确实了解不多。我认为，我们应该研究这个问题，思考教师们可以从认知神经科学中学到些什么。”(Dr. Heinz Schirp during the Granada forum.)。教师当然不是神经科学家，但是他们为了提高教学质量而研究神经科学工作者的研究，这既是可以理解的，也是需要的。由于那些向教师宣传基于脑的教育的人没有同时传递这样一种信息：即支持他们观点的脑科学研究还相对较少，这可能诱使教师过快地采用了所谓“基于脑”的教学策略，这些策略实际上根本没有科学证据作为其基础。科学家应该敏锐地发现这些问题，因此，挑战在于，要求教师：①在他们中间分享知识；②与神经科学界分享知识，来加强与巩固教育学知识和策略。这样，神经科学界能够将好教师的真实经验作为一些问题的研究基础。因此，有必要向公众传递认知神经科学研究所积累的知识，同时也必须关注有关基本过程的“简单”问题。当然，为了将基本过程与教师所面临的复杂情境整合起来，还有许多工作要做。而且，教育者在帮助神经科学研究者确定易于研究的问题方面可以发挥重要的作用。(见 the Granada report on the OECD website，前引文献)。

② 在理解人类发展的某些方面，动物研究不仅是重要的，而且是必需的，但是将动物实验数据应用于人类学习与认知必须非常谨慎。一般而言，历史已经表明，在动物与人的行为之间这种不谨慎的类比不仅可能会误导，而且还可能很危险。

不断得到认同的观点对教育体系的组织方式可能会产生深远的影响。

本节的目的是解释公众中最流行的一些错误观念，强调它们为什么对教育实践有害或者无效，并讨论如何最好地解释科学数据。

美国宣布 1990—2000 年为“脑的十年”。同时，世界范围内对脑认知和情绪功能的研究也在兴起①。虽然这些研究具有很高的质量，但是对其中一些结果在学习方面的意义作出了过度的解释。后面将举几个这样的例子。

本质上，我们必须把脑科学研究结果看作是初步的，原因有如下几条：

• 它们的统计结果可能没有高度的相关性（用减法和平均法②）。

• 被试相同，结果可能会由于不同的理论思考与不同的方法而不同。

• 实验室环境由于其非自然性与人为性，可能不适于测量某种技能。

• 个别研究不能证明某种课堂教学策略的合理性。

• 大众媒体为了吸引最多数量的读者或观众，常常过于简单地报道脑科学的研究成果，这几乎是所有错误概念和理解的源头。

虽然对以神经科学为基础的有关学习的论断必须保持一定的怀疑态度，已有的以及不断涌现的技术产生了有趣而充满希望的结果，但是如果消除前述关于脑科学的错误概念和错误理解，这些结果与教育的联系会更加紧密，对教育也更为有用。

对脑科学的错误观念一般始于错误的理解，有时为了与教育关联起来，或者为了其他目的而故意歪曲科学事实。这一章讨论三个普遍性的错

---

① 这只是政界鼓励科学研究的一个范例，而且，已经通过拨款的方式开始影响教育变革。

② 这些方法是有缺陷的，因为，比较两个有共同要素的不同结果不能阐明这两个结果之间的不同。例如，在脑成像数据中，条件 A 是一个任务，条件 B 是另外一个不同的任务，要通过发现这两个任务之间的不同来确定哪一个条件激活了某一个脑区，常常采用减法。先计算出图像中条件 A 激活的点，然后计算出另一图像中条件 B 激活的点，如果这两个条件完全不同，人们就推测，两图相减，剩下的脑区是与某一条件相关的。这一方法的问题在于，从一个条件到另一个条件，大脑并不会因为一个条件结束了，就不再激活该脑区了（有时会有持续的激活），有时两种条件都激活相同的脑区，因此确定脑的哪个区是由某一条件激活的并不都确切。同样，平均的方法也运用条件 A 和 B，得到相同条件下不同被试的数据，将结果平均起来。该方法的问题在于，如果个体的结果差异很大（常常这样），运用平均的方法就会降低他们之间的差异性，由此得出的结果就可能会有问题，提出的结论也就不确切。

误：半球优势或者特化、突触形成和学习、“关键”期和丰富性（包括0到3岁的谬误）。

4.6.2　脑半球优势或特化

错误理解脑科学和学习的一个例子是“右脑与左脑学习”。脑半球特化及其与学习关系的论断是基于脑的学习运动中的一个主要错误，这个论断一般由一些非专业人士提出。他们认为脑的左半球主管逻辑与语言信息代码，而右半球具有创造性，主管视觉信息代码。这些观点流传了很长一段时间，它们将脑的特征看作是一侧化的，然后将这些特征当作人的特征，例如，艺术家是“右脑型的”，而数学家则是“左脑型的”。

Dehaene博士已经完成的一项分析① 表明，虽然加工数字单词（如英文中的“one”、“two”）是由脑的左半球负责的，但是他也指出，在辨别阿拉伯数字时（如“1”、“2”时），脑的左右两半球都被激活。同样，最近还有其他数据表明，当阅读过程分解为小步骤时，大脑两侧的亚系统都被激活（如，阅读文本这类高层次加工中，对书面文字的解码或者辨别言语的声音）。甚至纯粹的“右半脑能力”，如空间关系编码也是由两个半球来完成的，但是两个半球的活动方式不同。大脑左半球擅长对“分类”空间关系进行编码（如，上/下或者左/右），而右半球更擅长于对距离的空间关系进行编码（如持续性的距离）。而且，脑成像研究表明，即使在这两种情况下，大脑两半球的区域都激活，这些区域是共同工作的。因此，脑是高度综合的系统，单独区域几乎不独立运行。

虽然像面部识别以及言语发声这样一些任务是以某一半球为优势的，但是大多数任务都要求脑的两个半球并行工作。这个例子说明，某些局限性的研究成果是如何转变为众所周知的“神经科学谬误”（neuromyths）的。

在将发表的研究结果运用于教育实践前，有必要提出几个问题。要思考的一般问题包括：

- 这是特例还是有其他研究证明该论断？

① 运用词汇掩蔽和无意识启动。

• 这些研究是在描述事件还是在验证假设?

• 学习任务适合实验人群吗? 换句话说，这一任务适合于学龄儿童的教学吗?

4.6.3 突触形成、“丰富”环境与“关键”期

神经元或脑细胞是人脑的基础。这些细胞通过突触与其他细胞连接，神经冲动从一个细胞传递到另一个细胞，以支持技能的形成、学习能力与智力的发展。婴儿出生时，突触的数量比成人少；两个月后，大脑组织中的突触密度以几何级数生长，在 10 个月时达到高峰，超过成人，然后开始下降，在 10 岁时稳定在成人的水平。

在正常的生长阶段，突触大量生长的过程称为突触形成（synatogenesis)。在生命周期中，伴随着经验，不同的脑区有不同的生长期。突触生长速度降低的过程称为“修剪”，它是生长与发展过程中正常而必要的过程。一般而言，在人的一生中，突触的密度遵循倾斜的高斯曲线，在婴儿阶段迅速增加，在成人期则处于平稳状态，在老年期缓慢降低。

纽约的 William Greenough 博士在老鼠的实验研究中发现，增加环境的复杂性，突触的密度就会增加。在这种情况下，复杂环境是指与其他老鼠在一个笼子里，有各种探究的玩具。这些老鼠在后来走迷宫学习的测验中显示，与“贫乏或孤独”环境中的控制组相比，在迷宫学习任务中表现更好，学得更快[①]，其结论是，“丰富”环境中的老鼠突触密度增加了，因此，可以更好地完成学习任务。

这是另一个神经科学谬误的开端。即使突触生长和突触修剪可能对老鼠的学习有重要意义，但并不表明人类也同样如此。非专业人士将老鼠的这种严格的科学实验数据与人类的基本生长结合起来，并断言最有效的教育干预在时间上应该与突触的形成相一致。这一神经科学谬误的逻辑是，突触越多，神经活动和交流的潜力越大，因而学习的效果更好。与此相关

① Diamond, M. *et al*. (1987), “Rat cortical morphology following crowded-enriched living conditions”, *Experimental Neurology*, Vol.96, No.2, pp.241－247.

的观点是，运用"丰富环境"的早期教育干预可以保住突触免遭修剪，或者形成新的突触，因而可以提高智力或者学习能力。另一问题是引用相关的研究事实，然后为这些研究事实添加意义，这些意义远远超出了原始研究论文中所呈现的证据。

除了上述对突触活动与密度的描述性数据，预测早期生活中突触密度与学习能力的提高这两者之间关系的人类神经科学证据还不多。正如 John Bruer 博士反复重申的[①]，这类研究还不能为提高正规的教育方式奠定原则性的基础。但是这并不意味着，一般而言的脑的可塑性，特别是突触形成与学习不相关，只是还需要进一步研究。

可以预计，根据对突触形成或突触修剪的错误理解进行不正确的归纳与推论而得出的观点存在着局限性。第一，目前仍然很难获得直接的、一致性的证据将突触密度与学习联系起来。到目前为止，这些数据是从人类或动物的尸体中收集到的。第二，预测早期生活中突触密度与以后生活中突触密度之间关系的人类神经科学证据还不多。第三，没有直接的动物或人类神经科学证据将成人的突触密度与较强的学习能力联系起来[②]。这一批判不是谴责早期教育干预，而是对早期教育干预的价值是建立在公认的神经科学研究基础上或者脑发展必要性的基础上这一论断的质疑。

在思考"突触形成与学习"这一普遍流行的错误论断时，提出下列一些问题是明智的：这一研究得到有效的科学研究的支持吗？为了达成一致，这一研究有无重复？研究真的包括了学习结果吗？对学习的启示是推测出来的吗？大体而言，这一研究是严格地验证明确的假设，还是描述性的？从神经科学数据到学习启示的推理链合理吗？样本代表的是哪类人群，得出的论断又运用于哪类人群？

如果从老鼠的实验中得出结论：复杂环境引起突触密度的增加，突触

---

① Bruer, J.T. (1998), "Brain science, brain fiction", *Educational Leadership*, Vol.56, No.3, pp.14－18; Bruer, J.T. (1999), "Education and the brain: A bridge too far", *Educational Researcher*, Vol.26, No.8, pp.4－16; Bruer, J.T. (1999), "In search of brain-based education", *Phi Delta Kappan*, Vol.80, No.9, pp.648－657.

② Bruer, J.T. (1999), "In search of brain-based education", 前引文献。

密度大的大鼠[1]比贫乏环境中的大鼠（可能突触密度小）更聪明，那么通过类比就得出这样的观点：给学生提供丰富的环境将增加他们脑的连接，因而能够培养出更好的学生，由此提出这样一些建议：教师（和家长）应该提供丰富多彩的、有趣的、感觉有意义的环境以保证培养出聪明的孩子。[2]

30 多年来，神经科学家一直在收集生物发展中有关敏感期的数据。如前所述，敏感期[3] 是指特定的生物事件可能出现的最佳时间段。大多数研究关注的是视觉系统，主要是猫和后来的猴子实验[4]。过去的研究表明，在生命的最初 3 个月，如果小猫缺乏视觉刺激，就会导致失明。认为

---

① 复杂（更自然的）环境中饲养的老鼠比起简单环境中饲养的老鼠，它们的上视觉皮层（upper visual cortex）每个神经元的突触多 20%—25%（这里测量的是突触密度与神经细胞密度之间的比率）。每个神经元突触数量的增加伴随着血管数量（血管负责将血中的营养运送到神经细胞）以及星形胶质细胞数量的改变（星形胶质细胞对于神经元的新陈代谢以及它们之间新突触的生长发挥一定的作用）。换句话说，神经组织和非神经组织都受到经验的修饰。

② 从老鼠需要“丰富环境”的数据来推论儿童是不合理的（如听莫扎特音乐，看彩色的移动物），尤其要考虑到关于复杂环境或简单环境影响人脑发展的神经科学研究尚处于空白状态。另一方面，老鼠的研究表明，在环境刺激上有个关键的阈限，在阈限之下才会影响脑的发展。最近对罗马尼亚孤儿的研究表明，严重的环境限制会有不良的影响，但是，即使在这种案例中，也是可以恢复的［见 O' Connor，T.G.，Bredenkamp，D.and Rutter，M.（1999），“Attachment disturbances and disorders in children exposed to early severe deprivation”，*Infant Mental Health Journal*，Vol.20，No.10，pp. 10-29］。草率地将这种研究运用于教育的目的，还存在下列一些问题：

——在野外，老鼠自然地生活于刺激性的环境中（如排水管、水边等），因此，可能拥有了生存所需要的突触数量，将它们放入刺激贫乏的环境没有意义，因为这是人为的环境，是不真实的。所以，如果将老鼠放在人为的、缺乏刺激的环境中，它们的脑就会产生与那一环境相应的突触密度。换句话说，他们只需适应生活于实验室笼子的“智力”即可。如果将这一推理扩大到人（这是可能的，但是还需要证明），由于大多数人是在正常刺激的环境中生长的，他们的脑就会对具体的环境作出独特的调整。

——界定适用于大多数学生的“丰富”环境时，要考虑许多因素。

——还没有实验表明突触的密度影响教育技能的掌握。

——大多数儿童在刺激丰富的环境中自然生长。研究已经表明，甚至生长在人们所认为的贫乏环境（如犹太人区）中的儿童，经过一段时间的努力，仍然会在学校中表现优秀，并能获得大学的文凭。

③ 敏感期有时也称为“关键期”，这两个术语常常交换着使用，但是两者之间存在着细微的区别。“关键期”是指在一个时间段里没有出现重要的生物事件就会丧失机会。而“敏感期”则指在特定时间段，某种生物事件是重要的，但不是获得某种技能所必需的，以后仍然可以掌握这一技能，但是更困难。由于“关键期”可能是属于广泛流传的有关神经科学的错误概念，本书中，我们用“敏感期”来指代这一现象，除非特指这一错误概念。

④ Hubel，D.H.，Wiesel T.N.and LeVay，S.（1977），“Plasticity of ocular dominance columns in onkey striate cortex”，*Philosophical Transactions of the Royal Society of London*（*B*），Vol.278，pp.307-409.

孩子从出生到 3 岁是最善于学习的时期，这是突触形成的科学数据被错误运用的又一例子。由于错误的理解，许多非专业人士认为，如果孩子没有“充分而又完全地”接受各种刺激，这在将来的生活中无法“弥补”，这种能力就会在幼年“丧失”。接受丰富多样的刺激是人们普遍认为的“丰富”环境，但是，考察原始文献，应该注意的是，关于猫的视觉敏感期的数据并不是简单的，也并不总是一致的。有数据表明，一定程度的视力恢复是可能的，这取决于视觉刺激剥夺的时间长度，以及视觉刺激剥夺的环境。换句话说，重要的是刺激的平衡与相对的刺激时间，而不是在敏感期内提高环境的“丰富性”就能获得良好的视力①。这一错误观念运用了前述有关突触形成以及所谓“关键期”的流行观点，认为要让学习充分发生，早期接受丰富多彩的刺激是最佳的；事实上，早期接受刺激可能会有好处，但是这一论断尚缺乏认知神经科学的基础。

生命早期自然发生的突触形成与生命过程中接受复杂环境的刺激而产生的突触形成之间有着明显的区别。例如，数据似乎表明，语法学习大约在年少的时候（16 岁左右之前）学习效果最好（即更快更容易），但是，词汇学习的提高是终身的过程。依赖于敏感期的学习过程，如语法学习，是“经验期待”现象，从这种意义上来说，要学习得更容易，在确定的时间段（敏感期内）就期望有相关的经验。经验期待型学习在生命的某个阶段发生效果最好。那些不取决于敏感期的学习过程，如词汇学习，被称为“经验决定型”学习，是指学习经验的发生不受年龄或时间的限制，这种类型的学习可以也确实在整个生命过程中得到提高。

Hideaki Koizumi 博士指出，敏感期确实存在，并且可能会对教育和学习实践发挥作用。他说，在敏感期确定后，“根据脑的敏感期来重新组织教育系统”将是合理的。“教育最重要的目标似乎是根据获得认知功能的敏感期，运用适合每个个体的方法，发展其学习能力。在脑拥有高度可塑性的时候，应该进行基础教育，也就是说，早期教育是重要的。在很久以前，人们就知道音乐和语言教育要尽早进行，但是认知神经科学的进展

① Bruer, J.T. (1998)，前引文献，p.16.

引导我们进行更深入的研究。在各种功能区基础上形成的人脑功能是由许多模块和结构组成的。[①] 由于神经网络的可塑性，每一种功能模块或结构都可能有不同的敏感期。……尽管早期教育非常重要，但不是指一个人的大部分教育必须集中于生命早期。根据敏感期来合理安排教育项目可能更加有效。那些敏感期在生命历程中晚些时间段发生的教育项目应该晚些安排。" 因此，根据最新神经科学研究成果，必须修正大多数学习的敏感期都在生命早期的这种神经科学谬误，某些类型的学习在终身都能够提高。Koizumi 博士总结道："不久的将来，要应用发展性认知神经科学的最新研究成果来重新组织教育体系。"[②]

① 见 Foder, J.A. (1983), *The Modularity of Mind*, MIT Press, Cambridge; and also Koizumi, H. (1997), "Mind-morphology: an approach with non-invasive higher-order brain function analysis", *Chemistry and Chemical Industry*, Vol.50, No.11, pp.1649－1652.

② Koizumi, H. (1999), "A Practical Approach to Trans-Disciplinary Studies for the 21st Century-The Centennial of the Discovery of Radium by the Curies", *J.Seizon and Life Sci.*, Vol.9, No.B 1999.1, pp.19－20.

第三部分

结　论

第五章　展　　望

5.1　走向基于超学科方法的新兴学习科学?

结束即开始，
我们从结束之处开始。
——T.S.Eliot

过去，沟通与融合完全不同领域
超学科概念的都是一些天才的特权，
但是在21世纪，这些概念必须
为更多的人所熟知。

为了满足未来一代代人的利益，
迫切需要开展超学科教育，
使得未来超学科研究成为可能。[①]
——H. Koizumi

基于脑的学习并不是教育中包治百病的万能药，但是从这个视角来研究学习确实为需要更多有关教与学知识和信息的教育专家、决策者以及实践者提供了方向。这种研究为学习困难的学生和成年人提供了更好的选择。

由于经济合作与发展组织教育研究与革新中心开展的“学习科学与脑研究”（1999—2001）的第一期项目取得了成功，该组织决定启动这个项目的第二阶段（正是由于这一决定，人们将2000—2001年举办的三个论坛称为持续性项目的第一阶段）。第二阶段从2002年到2005年为期3年，将关注三个与政策（课程设计、教学实践以及确定个体学习方式）及应用前景密切相关的研究领域，其目的不仅在于证实过去的研究成果，更为重要的是进一步扩展目前的研究成果。人们期待，来自精心选择的研究机构和资深科学家的研究不仅将提出进一步的假设，进行更深入的实验，而且还可以提供一种新的教育儿童、青少年以及成人的方式。第二阶段确立的三个研究领域是“脑的发展与读写能力”、“脑的发展与计算能力”、“脑的发展与终身学习”。

这项活动正在进行之中，目前在脑如何运行、人怎样学习才能达到最佳效果、怎样的教育有助于人们学习等方面得出确定的结论还为时过早，但是认为这一重要而有意义的问题不可能在不久的将来得到充分论述与部分回答的观点也是错误的。毫无疑问，“学习与脑”现在必须在经济合作与发展组织

① Koizumi, H. (1999), “A Practical Approach to Trans-Disciplinary Studies for the 21st Century—The Centennial of the Discovery of Radium by the Curies”, *J. Seizon and Life Sci.*, Vol.9, No.B 1999.1, p.7.

国家的议事日程上、在未来的岁月里占据重要的地位,[1] 这意味着:

(1) 促进超学科的联系;

(2) 投资于超学科的研究;

(3) 认识到新的学习科学正在形成,必须建立"学习科学研究所"以促进(1)和(2)。

这种相互关联的观念不仅为深入理解脑不同区域的协作方式提供了一种图景,而且对那些力图促进与发展这种理解的人来说也是一种挑战。科学似乎是在交替地追求两种相互矛盾的策略——区别与联系中得到发展的。一方面,自亚里士多德时代起,学习的发展至少取决于独立探究领域、学术研究人员和学科科目的划分与专业化:艺术与科学,物理学、生物学和社会学,物理学、化学、生物学、植物学和动物学等。[2] 另一方面,通过不同学科的观点碰撞或者甚至模糊学科界限而创建出新学科的研究,取得了令人瞩目的进步。

---

① 这里的一个危险在于:可能会形成一种"神经科学鸿沟"(neuro-divide),正如"数字鸿沟"(目前指处境不利群体接触信息与通讯技术的机会受到限制)中,处境有利群体可以首先获得并运用学习科学的研究成果。因此,主要挑战在于,不仅要在专业期刊中不断地公布与认知神经科学有关的最好的教育研究,而且要帮助普通公众理解这一新兴研究的决策意义与知识意义,在这一方面,应该运用新型的信息传播手段(如电视纪录片、多媒体网站)。而且,几乎在所有学科中,科学研究都提出了越来越多的伦理道德问题,有待于政治(至少民主政治)领域的研究。正如 Alain Michel 博士在格兰纳达所指出的:"……我们都知道科学成果可能会被滥用,例如我们都在思考滥用优生学的危险。如果要在教育领域中运用神经科学的研究成果,我们需要一套伦理道德准则,以避免一些极端的现象。记住,正如 16 世纪的拉伯雷(Rabelais)所说:'泯灭良知的科学无非是灵魂的毁灭。'"必须鼓励对本研究中提出的所有伦理问题进行国际讨论。美国国家科学基金会的 Rodney Cocking 博士在格兰纳达论坛上说:"为什么是经济合作与发展组织?因为我认为我们真的需要国际的关注。"(见 The Granada report on the OECD website: *www.oecd.org/pdf/M00017000/M00017849.pdf*)

② 自西方科学诞生之日起,基础科学学科如物理、化学、生物就非常成功地追求一种还原主义的方法。我们对周围世界的大多数理解以及对自身身体功能的认识就是基于这种方法的。这种还原主义的方法能帮助我们了解脑的复杂性吗?许多科学家认为脑是宇宙中最复杂的系统(见"Beyond Reductionism", in *Science*, Vol.284, April 1999)。例如,计算机系统中软件与硬件是很容易区分的,然而如果把这种类比运用于脑,则脑的"软件与硬件"是完全交织在一起的,形成了一个非常复杂的系统。正如 Christof Koch 和 Gilles Laurant 所指出的(见"Complexity and the nervous system", in *Science*, Vol.284, April 1999),从复杂系统的观点来看,显然脑科学研究中持续不断的还原主义和原子化本身可能也许不能使人们从根本上理解脑的复杂性。如,神经系统的复杂性与意识和主观体验之间可能存在着怎样的关系?因此,为了更好地理解脑,还原主义的科学传统要与其他试图理解"复杂系统"的科学研究相互补充(甚至可能包括诸如量子理论等未预期到的影响)。

Koizumi 博士[①] 最近的一篇论文讨论了这一问题，他提出超学科研究的概念，将根据自身的概念结构创立的那些新科学与由既有学科相互接近、重叠交叉而产生的相互影响区分开来：

“过去两个多世纪以来，人类文化已经分化为两种类型，科学技术与人文艺术。而且科学技术已经细化为特定的学科。因此，由于学科间的知识壁垒，在专业层面上很难理解其他学科。但是，科学和技术的成熟又使得仅仅在本专业领域内获得新发现与突破日益困难。常常只有跨越完全不同的学科才能获得新的发现与技术突破。例如，牛顿的古典动力系统是融合了天体运动和落体运动（俗称苹果落到地上）的概念而创立的；达尔文的自然选择论则是从亚当·斯密的自由市场竞争的观点类推而来的。……虽然许多科学家和学者都认识到超学科方法的重要性，但是在实践中仍然很难超越学科的界限。这种概念一般是由现在所认为的天才人士提出的。目前跨学科或者多学科的研究组织还不够强大，还无法克服学科间的壁垒；跨学科或者多学科的研究组织通常也还没有像人们所预期的那样发挥功能，因为它们是建立在一小部分密切相关或关系不那么密切的学科基础之上的。……克服这种困难需要动态的而不是静态的概念……”

图 4a 和图 4b 表明跨学科、多科学与超学科之间的区别。

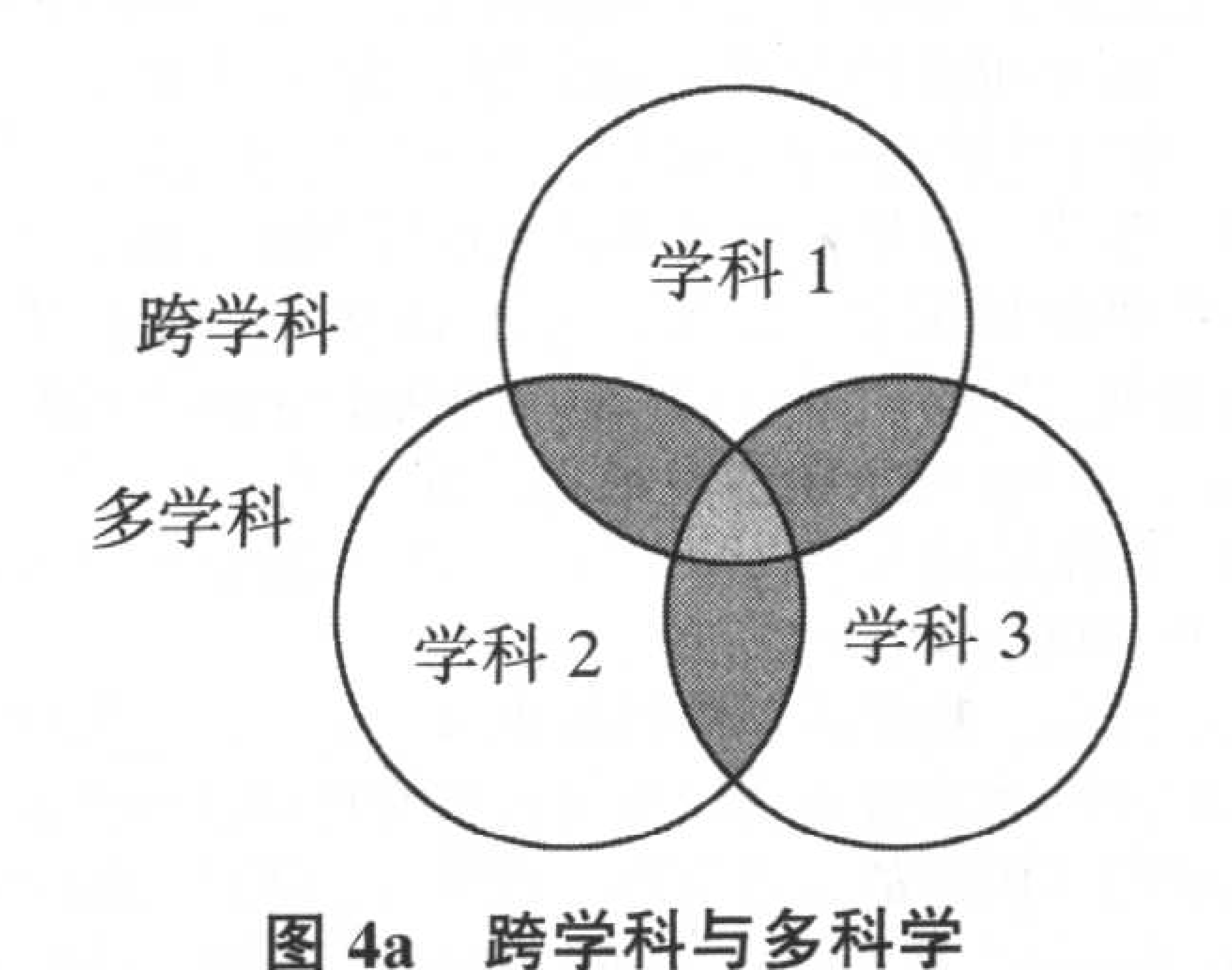
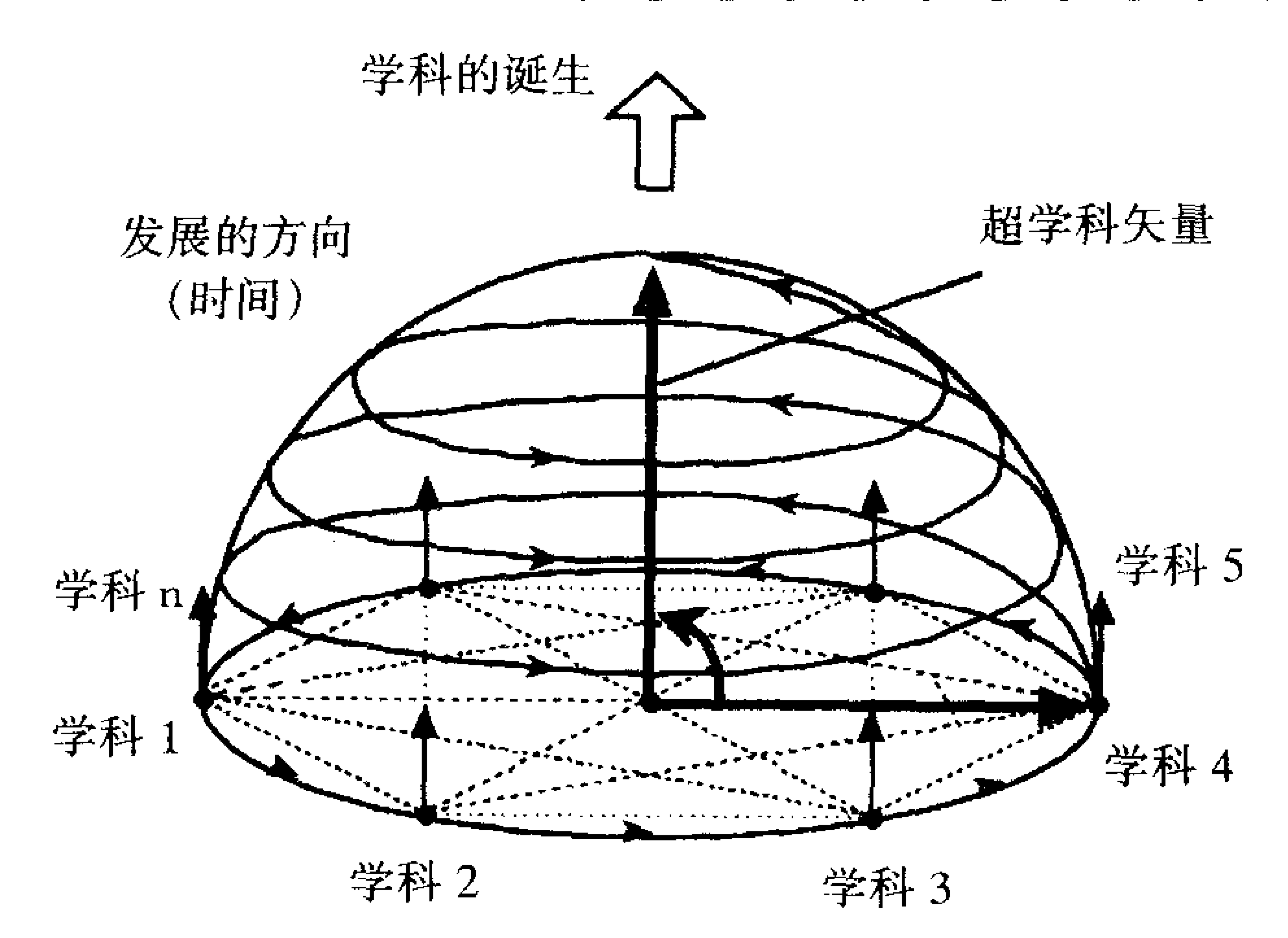


图 4a　跨学科与多科学

① 根据他的超学科理论，他评论 Pierre 和 Marie Curie 道：“（他们）的思想受益于超学科的研究。……超学科的产生不仅聚合了多种学科，而且融合与沟通了完全不同的学科。”（Koizumi, H.，前引文献，pp.9 and 19）



资料来源：Hideaki Koizumi (1999)，"A practical approach towards trans-disiciplinary studies for the 21st century"，*J. Seizon and Life Sci.*，Vol.9，pp.5－24.

图 4b 超学科

"不能把新的综合领域如心智—脑科学、环境科学以及教育科学看作仅仅是许多相关学科的集合或者是简单的综合。这些领域运用许多相关学科中的知识精华和哲学来形成自己的概念结构，这种结构可能超越自然科学、社会科学甚至人文科学之间的界限。跨学科或者多学科的概念处于二维层面上，但是超学科的概念占据的是三维空间（如图 4b 所示）。超学科概念存在于更高层面，它是由低级层面的不同学科间相互联系而产生的。超学科包括沟通与融合完全不同学科的概念。"①

Koizumi 博士论证的这种超学科不可能轻而易举或者偶然地发展起来。②世界需要卢克莱修、达尔文、Terada③、Teilhard de Chardin 这类著

① Koizumi，H.，前引文献，pp.6－8。

② "从传统的方法论与研究组织来说，每一门学科本身是发展的，但是，需要一些动力来沟通与融合不同的学科……一些新的综合学科需要新的方法论和新的研究组织。"（Koizumi，H.，前引文献，p.8）正如美国科学基金会项目主任 Eric Hamilton 博士在东京论坛上所强调的："……（在）我们的'学习与教育研究'（ROLE）项目上，建立跨学科组织的真正意图在于探究各学科前沿以及学科界限，在于探究这样一些问题，即问题来自一个领域，而答案却在另一个领域。……这与 Koizumi 博士所提出的研究路线：超学科向量（the trans-disciplinary vector）：非常一致。"

③ Tarahiko Terada 是日本物理学家和小品作家（1878—1935）。作为东京 Teikoku 大学物理专业的教授，他一生中撰写了 300 篇物理学论文，但是他主要以文学小品而闻名。其中，他将十七音诗的精神与物理学的观点融合起来。

名的学者来沟通与融合既有学科。在现代社会，重新审视大学的组织结构、研究组织、尤其是学校的课程，以孕育与鼓励超学科的发展，平衡自然科学中不可避免的原子性，是很重要的。

“学习和脑”这个研究领域的超学科关系的价值是毋庸置疑的。[①] 本书前面的章节列举了三个论坛中超学科实验所获得的富有成效的许多例子。[②] 超学科并不是简单的或者随意选择的，而必须得到促进与奖励。经济合作与发展组织教育研究与革新中心项目第二阶段的研究提供了一个可以借鉴的促进超学科研究的模式。但是，即使是这种大胆的创新也只是一个短期的措施，需要经济合作与发展组织成员国对形成“学习与脑”研究领域的超学科关系付诸坚定不移与持之以恒的努力。

本书的出版既是对一门新兴学科诞生的承认，也是一门新兴学科出现的标志。从总体而言，包括了认知神经科学、认知科学、医学和教育学的学习科学，正从跨学科的研究走向超学科的研究，从而逐步转变为一门新的学习科学。这个过程仍然处于早期阶段。但是这种转变既是众望所归，又是不可避免的，这一点已经明确了。即使在这一阶段，已经可以考虑在现有的大学和研究中心建立学习科学研究所，或者成立独立的学习科学研究中心，招聘学习科学研究人员，这样做绝不为时过早。大脑是怎样运行的？人们怎样才能学得最好？什么样的教育机构可以最好地帮助他们？这些都是21世纪要解决的重要问题。只有学习科学才能够对这些问题提供可靠的、正确的答案。我们有充分的理由相信，在不久的将来学习科学就可以做到这一点。

---

① 心智—大脑科学研究前沿的一些研究者们已经开始认识到超学科方法的价值。如，这些原来的研究领域可能是数学、物理、化学、生理学或者医学的研究者现在正在学习哲学、心理学、语言学。他们中有些人现在已经可以运用超学科的方法来科学地研究“意识”的问题(Koizumi, H.，前引文献，p.19)。

② “为什么是经济合作与发展组织？……为了有助于我们沿着科学的发展道路前进，为了将我们的科学领域综合起来。经济合作与发展组织现在已经可以帮助我们将学习科学变成一门循证科学。(为了) 走向循证的学习科学，我们需要研究所有这些领域中收集到的证据，因此，综合不同视角、不同方法、不同技术的超学科方法是非常重要的”(Dr.Rodney Cocking at the Granada forum)。

5.2 下一步：研究网络

“研究总是不完美的”。

——Mark Pattison

5.2.1 研究类型与方法

有四种研究类型 其中至少有三种与取得“学习科学与脑研究”项目第二阶段的成果有关。第一种类型是收集、综合与已有研究有关的不同来源的（大学、研究所等）数据；第二种研究类型包括正在进行中的研究（目前正在进行当中的项目与计划）；第三种类型是拓展研究，指最近完成的研究需要相关的拓展，以进一步验证和提炼假设；第四种类型是新的研究，包括有关假设、新理论的提出以及验证等项目。“学习科学与脑研究”项目的第二阶段主要包括前面的三种研究类型，但是在某种程度上，也需要包括第四种类型。

5.2.2 三个研究领域

领域 1：脑的发展与读写能力

在世界范围内，相当多的儿童与成年人在学习阅读、拼写、书写单词方面仍然表现出困难，有些甚至患有不同形式的阅读障碍。借助脑成像技术的研究，在理解脑读写能力的发展方面已经取得了相当大的进展。另外，重要的神经科学研究成果不断涌现，表明不同的缺陷是如何影响脑的，理解这些研究成果可以更好地帮助教育者正确地对待这些缺陷。

研究目标包括：

• 理解脑在阅读时是如何工作的，包括视觉过程，侧重于不同脑区是如何协同工作的；

• 诵读困难症的视觉和注意研究，包括干预与矫正策略；

• 儿童和成年人的语言学习和脑可塑性的影响，侧重于与脑成像有关的干预。

领域2：脑的发展与计算能力

数学能力的缺乏一直使许多孩子在学校中陷于困难的境地，继而影响到成年以后的生活（包括计算困难）。新兴脑科学研究的一个重要作用是帮助教育者理解生命早期孩子的数字感是如何形成的。这一领域也重视符号思维以及如何将计算机运用于诊断与矫治数学学习困难的研究。已有研究表明，可以通过适当的信息与通讯技术干预措施和康复工具来提高早期干预的效果。

研究目标包括：

• 计算能力的发展轨迹，包括早期数学学习的心理模式（如确定掌握数学技能的时间表以及性别差异的研究）；

• 计算困难的分类，包括与阅读障碍、诊断性测量、生物或社会因素的关系，学习工具与矫治策略；

• 评价与设计诊断和干预策略，包括学校的策略、成年人的培训研究；

• 数学学习中运用信息与通讯技术工具，获得信息与通讯技术素养。

领域3：脑的发展与终身学习

该项目第一阶段所取得的一个最重要观点是，科学界一致认为，脑终身都具有可塑性。研究表明，可塑性，即终身学习能力、遗忘能力以及再学习的能力，比以往所认识到的都要大。同时，脑的“敏感期”需要进一步关注，该领域的研究不仅可以解决个体学习方式的问题，而且对终身学习的教育政策以及老年人的脑保健都具有非常重要的作用。人们正在探索延缓由年龄引起的正常衰老以及由疾病引起的退化的方法。怎样将这类研究从实验室转化为成人的正规与非正规学习活动对教育政策和实践都非常重要。

研究目标包括：

• 随年龄而增长的与认知和感觉有关的能力，包括干预和策略问题；

• 婴儿期与儿童期的能力，侧重于婴儿的敏感期、应激、母亲的影响以及言语学习等问题；

• 儿童、青少年学习的认知机制，侧重于情绪的认知控制、感觉运动功能的形成、艺术与音乐学习以及自我的形成；

• 成人和老年人学习的认知机制，包括老年人脑损伤后的功能重组、

信息化老年社会中的学习方式和延缓衰老过程中所产生的学习衰退；

• 学习的认知机制，包括与年龄、与外显学习和内隐学习有关的个体差异。

5.2.3 三个研究网络：组织与预期的结果

上述三个研究领域将在 3 年内通过国际性的、超学科的研究网络来完成。这些研究网络主要由神经科学研究人员和教育者组成，每一个研究领域由一个协调员和一个网络顾问来领导。这六个人组成"指导委员会"，主要任务是提供协调，保证这些网络间相互促进。亚洲将合作成立"终身学习"（LLL）网络，[①] 美国合作成立"读写能力与阅读技能"（LRS）网络，[②] 欧洲合作成立"计算能力与数学技能"（NMS）网络。

此外，由外部专家组成"科学咨询组"，每个网络各派一位代表参加网络活动，提供实质性的、操作性的指导与建议。经济合作与发展组织教育研究与革新中心指派专业人员为"指导委员会"和"科学咨询组"提供帮助。

每个网络除了整理与评论已有的研究成果、协调与促进正在进行的研究、适时鼓励新研究之外，还负责编写常规性的进展报告，为经济合作与发展组织的出版物提供建设性的意见或者撰写部分章节，内容包括"科学研究的现状"、最新研究成果、政策与实践建议以及下一阶段研究议程的建议等报告。

对终身学习研究的重视与需要源自社会的压力与生理需求。由于人口的老龄化，社会负担日益加重，因此，人们希望神经科学研究可以为确定适合老年段的学习内容与学习时间提供科学的依据。另外，随着全球化趋势的迅速发展，人脑必须适应时代的变化。因此，为了实现终身学习网络的研究目标，首先要将每一个研究目标所涉及到的具体知识进行系统化(包括关键概念的界定，如早期儿童学习中的敏感期与确定的阶段)；其次，开放交流媒体，以更好地宣传教育者和决策者想要了解与必须了解的

① 协调员：Masao Ito 教授（日本东京理化学研究所脑科学研究所）；网络顾问：Takao Hensch 博士（同前）。

② 协调员：Michael Posner 教授（美国纽约市萨克勒研究所）；网络顾问：Bruce McCandliss 博士（同前）。

内容（例如，通过网络问答的形式）。研究终身学习需要解决的问题包括：营养、睡眠、药物、压力控制、身体健康以及情绪协调等有关脑功能研究的问题。该网络努力寻找基础科学研究与决策建议的结合点，并为决策者、教育者、保健人员以及家长提供指导。

“读写能力与阅读技能”网络的综合目标是推广与创造性地运用研究成果。推广与应用的对象是教育决策者以及教育者、家长和儿童等应用者。确定该网络的研究重点一般遵循这样一些指导原则：①研究必须以脑机制为基础；②必须收集与利用信息。这种国际研究环境应该是每一个研究领域所共有的。正因为如此，这一网络提出重视信息与通讯技术要素，运用网络创建一个框架，使国际读者关注脑科学文献中有关读写能力的一致性观点，让这些读者能够链接到世界上的科学家能够提出证据来支持与反对某一问题的讨论上，包括对“神经科学谬误”的讨论。交互性的网络内容还包括干预工具与核心内容的说明。

“计算能力与数学技能”网络研究领域的总目标包括：①确定主要的脑结构及它们之间的联系；②确定数学技能与空间能力的交互作用；③理解文化差异的影响与交互作用。每个研究领域都提供综合性的科学知识，列出实验性的教育结果以及开放性的科学与教育问题，包括新的研究建议。另外，这一网络建议与终身学习网络进行横向联系，以更完整地研究数学学习与其他领域的学习之间是怎样联系的；与“读写能力与阅读技能”网络进行横向联系以研究阅读障碍与计算障碍之间的联系。这一研究网络在互联网上向儿童与成年人免费推广新的诊断与干预游戏软件，因此，非常强调信息与通讯技术要素。

虽然一些科学研究所正在对读写能力、数学思维以及终身学习进行神经科学研究，但是大多数研究过于分散，无法缩短实验室的研究与学习体系之间的距离。这支由跨学科科学家组成的国际队伍将对上述研究领域进行协作研究，其主要目标是收集与出版直接影响教育实践的应用性研究。第二个目标是通过印刷品和多媒体，向教育实践者和决策者等宣传这些信息，其观念包括沟通与融合语言学、数学、心理学，当然还有认知神经科学与哲学等不同学科的知识。

附　录　三个论坛的议程

脑机制与早期学习

高层论坛，2000 年 6 月 16—17 日
美国纽约市萨克勒研究所

开幕式

美国萨克勒研究所所长 Michael Posner
经济合作与发展组织教育研究与革新中心主任 Jarl Bengtsson

专题讨论 1：脑科学研究与学习科学相结合

美国萨克勒研究所所长 Michael Posner
“将脑的发展与教育连接起来”

荷兰阿姆斯特丹自由大学 Andries Sanders
“脑科学研究与学前儿童的学习过程、教育课程之间连接的可能性”

美国伊利诺斯大学 William Greenough
“学习与记忆的脑机制”

专题讨论 2：认知与情绪
美国纽约大学的 Joseph LeDoux
“跨越人格与脑的鸿沟”

日本理化学研究所脑科学研究所 Masao Ito
“认知与情绪的脑机制”

美国匹兹堡大学 David Servan-Schreiber
“学习的情绪环境”

美国哈佛大学 Stephen Kosslyn
“运用心理想像来调节情绪”

专题讨论 3：计算能力、读写能力和语言习得
法国国家健康和医学研究院（INSERM）Stanislas Dehaene
“计算能力的脑机制”

美国俄勒冈大学 Helen Neville
“第一、第二语言习得的脑机制”

美国萨克勒研究所 Bruce McCandliss
“词汇阅读的脑回路”

专题讨论 4：学习与脑——跨学科方法的适切性

美国国家科学基金 Rodney Cocking

“学习科学的新进展：运用科学研究来帮助学生学习”

美国加利福尼亚大学伯克利分校 Alison Gopnik

“认知发展与学习科学：现状”

闭幕式

美国萨克勒研究所 Michael Posner

“对本次论坛结果的科学思考”

美国国家科学基金 Eric Hamilton

“对本次论坛结果的政策思考”

英国德比大学 Sir Christopher Ball

“本次论坛的总结”

脑机制与青少年学习

第二次高层次论坛，2001 年 2 月 1—3 日

西班牙格兰纳达大学

开幕式

格兰纳达市长 José Moratalla Molina，

格兰纳达大学校长 David Aguilar Peña，

经济合作与发展组织教育研究与革新中心主任 Jarl Bengtsson

专题讨论 1：上一次论坛的综合分析与概要

经济合作与发展组织教育研究与革新中心 Bruno della Chiesa

“第一次论坛的总结”

美国迈克道尔基金会主席 John Bruer

“脑科学、心智科学与终身学习”

西班牙安大路西亚区 Pilar Ballarin

“中学阶段的重要决策问题”

专题讨论 2：连接神经科学与基因问题

西班牙 Almería 大学 Luis Fuentes

“架起神经科学与基因组研究的桥梁”

西班牙 Seville 大学 Antonio Marín

“遗传学与智力表现”

法国国家健康与医学研究院 Stanislas Dehaene

“早期脑损伤对儿童数学能力习得的影响（胎儿酒精中毒综合症、特纳综合症以及其他遗传性疾病）”

美国加利福尼亚大学欧文分校 Jim Swanson

“遗传因素与多动症（ADHD）的关系”

西班牙巴塞罗那 Pompeu Fabra 大学 Rafael Maldonado

“吸毒对学习的影响”

法国教育部 Alain Michel

“与遗传学和神经科学有关的伦理问题：教育的观点”

专题讨论 3：青少年的学习环境与学习方式

西班牙格兰纳达大学 Pio Tudela

“外显学习与内隐学习：认知神经科学的观点”

西班牙格兰纳达大学 José Manuel Rodriguez-Ferrer

“青春期后期的特异性：激素的作用?”

美国哈佛大学 Stephen Kosslyn
“心理刺激在思维中的作用”

德国学校与继续教育研究所 Heinz Schirp
“青少年学习：教育决策的观点”

专题讨论 4：计算能力、读写能力与创造性
西班牙 Almería 大学 Diego Alonso
“青少年获得数学技能的脑机制”

美国萨克勒研究所 Bruce McCandliss
“阅读技能的脑机制：从新手到专家”

英国布里斯托尔大学 Guy Claxton
“脑是如何进行创造的，学校加强或削弱青年学生创造权的方式”

“英国经验”（English Experience）Mark Fletcher
“课堂对神经科学（与教育）的挑战：基于脑的革命——现实还是神经科学空谈?”

美国国家科学基金 Rodney Cocking
“对专题讨论四的思考”

闭幕式

西班牙安大路西亚 Pilar Ballarin
“对本次论坛讨论结果的政策思考”

日本理化学研究所脑科学研究所 Masao Ito
“对本次论坛讨论结果的科学思考以及东京论坛的安排”

法国“科学人文”杂志（“Sciences Humaines”）Jean-Claude Ruano-Borbalan

“对本次论坛的思考：科学杂志的观点”

英国德贝大学 Christopher Ball 爵士

“本次论坛的总结”

闭幕词

格兰纳达市长 José Moratalla Molina

西班牙教育部高等教育司司长 Julio Iglesias de Ussell

西班牙安大路西亚区教育科学局局长 Candida Martinez

经济合作与发展组织教育研究与革新中心主任 Jarl Bengtsson

经济合作与发展组织教育研究与革新中心负责人 Bruno della Chiesa

脑机制与老年学习

第三次高层论坛，2001 年 4 月 26—27 日
日本东京理化学研究所脑科学研究所

开幕式

日本学术振兴会（JSPS）会长 Teiichi Sato，
日本理化学研究所脑科学研究所所长 Masao Ito 教授
经济合作与发展组织教育研究与革新中心主任 Jarl Bengtsson

专题讨论 1：介绍与一般的科学观点
美国费尔法克斯乔治梅森大学 Eamonn Kelly
“前两个论坛的总结”

美国华盛顿特区美国天主教大学 Raja Parasuraman
“注意、年龄与痴呆：成人认知功能的扩展与强化”

专题讨论 2：与老年学习有关的跨学科问题

经济合作与发展组织教育研究与革新中心（CERI / OECD）主任 Jarl Bengtsson

"老年人口：决策的新挑战"

日本京都大学 Shinobu Kitayama

"认知中的文化变量：老化研究的启示"

日本东京顺天堂大学 Yasumasa Arai

"性别问题：有性别脑吗？"

美国国家科学基金会 Rodney Cocking

"对老化的认知神经科学的跨学科研究"

日本日立集团股份有限公司高级研究实验室

"对专题讨论 1 和 2 的思考"

专题讨论 3：生命周期中脑的可塑性，记忆与终身学习

美国哈佛大学 Andrea Volfova

经济合作与发展组织教育研究与革新中心负责人 Bruno della Chiesa

"脑可塑性对终身学习的启示"

日本东京大学 Yasushi Miyashita

"记忆：编码与提取"

日本东京市老年医学研究所 Itaru Tatsumi

"青年与老年人正确提取普通名词的 PET 激活研究"

美国哥伦比亚大学 Lynn Cooper

“独立记忆系统动态特征的年龄效应”

专题讨论 4：老年生活中的技能获得

日本理化学研究所脑科学研究所 Masao Ito
“小脑在技能获得及其对年龄依赖的作用”

西班牙格兰纳达大学 Pio Tudela
“老年认知技能的获得：注意与自动化”

奥地利史丹马克州 THK Wolfgang Schinagl
“信息与知识社会中新型的成人学习”

美国纽约萨克勒研究所 Bruce McCandliss
“影响成人学习的脑机制：外语语音学习中持久性困难的案例研究”

美国国家科学基金会 Kenneth Whang
“对专题讨论 3 和 4 的思考”

专题讨论 5：疾病、学习以及老年脑的能力

日本山梨医科学校 Shigenobu Kanba
“老年抑郁症的特征：预防与治疗的重要性”

日本理化学研究所脑科学研究所 Akihiko Takashima
“从阿尔茨海默病的研究来理解老化脑”

美国伊利诺斯大学 Art Kramer
“提高老年人认知活力：健康与认知训练的作用”

日本广岛文教女子大学 Yoshiko Shimonaka

"创造性与老化：成人阶段的创造性会降低吗?"

专题讨论 6：学习与教育：研究政策的视角

日本前教育科学部部长 Akito Arima

"日本的教育与研究"

南澳大利亚终身学习和发展中心 Denis Ralph

"生命历程中的学习——将研究、政策与实践联结起来：澳大利亚的观点"

美国国家科学基金会 Eric Hamilton

"美国国家科学基金会关于脑科学研究与学习科学的政策与项目"

经济合作与发展组织教育、就业、劳动与社会事物部 Barry McGaw

"对专题讨论 5 和 6 的思考"

闭幕式

日本理化学研究所脑科学研究所 Masao Ito

"本次论坛的科学思考"

英国德比大学 Christopher Ball 爵士

"对第一阶段工作与一般结论的政策思考"

经济合作与发展组织教育研究与革新中心 Bruno della Chiesa

"下一步：走向第二阶段"

参考文献

I. 书籍

A. 介绍性文本

Bruer, J.T. (1999),

The Myth of the First Three Years: A New Understanding of Early Brain Development and Lifelong Learning, *Free Press*, New York.

Carter, R. (2000),

Mapping the Mind, University of California Press, Berkeley, CA.

Dehaene, S. (1997),

The Number Sense: How the Mind Creates Mathematics, Oxford University Press, New York.

Goleman, D. (1995),

Emotional Intelligence, Bantam Books, New York.

Gopnik, A., Meltzolf, A.and Kuhn, P. (1999),

The Scientist in the Crib, William Morrow and Co., New York.

Ito, M. (1997),

Brain and Mind, Elsevier Science, UK.

Kosslyn, S.M. (1996),

Image and Brain, MIT Press, Cambridge, MA.

National Research Council (1999),

How People Learn: Brain, Mind, Experience and School, National Academy Press,

Washington DC.

Parasuraman, R. (1998),

The Attentive Brain, MIT Press, Cambridge, MA.

Pinker, S. (2000),

The Language Instinct: How the Mind Creates Language, Harper Perenniel, San Francisco, CA.

Posner, M.I. and Raichle, M. (1994),

Images of Mind, Scientific American Books.

Spitzer, M. (1999),

The Mind Within the Net: Models of Learning, Thinking, and Acting, MIT Press, Cambridge, MA.

B. 深入研究资料

Ball, C. (1989),

Higher Education into the 1990's: *New Dimensions*, Open University Press, UK.

Ball, C. (1991),

Learning Pays, RSA, London.

Byrnes, J.P. (2001),

Minds, Brains and Learning: Understanding the Psychological and Educational Relevance of Neuroscientific Research, The Guilford Press, New York.

Claxton, G. (1999),

Wise-Up: The Challenge of Lifelong Learning, Bloomsbury Publishing, UK.

Damasio, A.R. (1994),

Descartes' Error: Emotion, Reason and the Human Brain, Putnam, New York.

Damasio, A.R. (1999),

The Scientific American Book of Brain, The Lyons Press, New York.

Foder, J.A. (1983),

The Modularity of Mind, MIT Press, Cambridge, MA.

Gardner, H. (1983),

Frames of Mind, London.

Gazzaniga, M.S. (1996),

Conversations in the Cognitive Neurosciences, MIT Press, Cambridge, MA.

Hebb, D.O. (1949),

The Organization of Behavior: *A Neuropsychological Thoery*, Wiley Publishing, New York.

Ito, M. (1967),

The Cerebellum as a Neuronal Machine, Springer-Verlag, UK.

Ito, M. (1984),

The Cerebellum and Neural Control, Raven Press, UK.

Kotulak, R. (1997),

Inside the Brain: *Revolutionary Discoveries of How the Mind Works*, Andrews McMeel Publishing, Kansas City, KS.

OECD (2000),

Knowledge Management in the Learning Society, Paris.

OECD (2000),

Learning to Bridge the Digital Divide, Paris.

OECD (2001),

Cities and Regions in the New Learning Economy, Paris.

OECD (2001),

E-Learning—The Partnership Challenge, Paris.

OECD (2001),

Knowledge and Skills for Life—First Results from PISA 2000, Paris.

OECD (2001),

Learning to Change: *ICT in Schools*, Paris.

OECD (2001),

New York report: *www.oecd.org/pdf/M00019000/M00019809.pdf*

OECD (2001),

Granada report: *www.oecd.org/pdf/M00017000/M00017849.pdf*

OECD (2001),

Tokyo report: *www.oecd.org/pdf/M00022000/M00022657.pdf*

OECD (2001),

Reports of the three fora: *www.oecd.org/oecd/pages/home/displaygeneral/0,*

3380, EN-document-603-5-no-27-26268-0, FF.html

Spitzer, M. (2000),

Geist, Gehirn and Nervenheilkunde: Grenzgänge zwischen Neurobiologie, Psychopathologie und Gesellschaft, F.K.Schattauer Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart.

Spitzer, M. (2001),

Ketchup und das kollektive Unbewusste: Geschichten aus der Nervenheilkunde, F.K.Schattauer Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart.

Thompson, W.L.and Kosslyn, S.M. (in press),

"Neuronal systems activated during visual mental imagery: A review and meta-analyses", in J.Mazziotta and A.Toga (eds.), *Brain Mapping II: The Systems*, Academic Press, New York.

US National Research Council,

Report on Scientific Inquiry in Education.

II. 论文

A. 本书或三个论坛的报告中提到的论文

Albert, M.S., Jones, K., Savage, C.R., Berkman, L., Seeman, T., Blazer, D.and Rowe, J.W. (1995),

"Predictors of cognitive change in older persons: MacAuthur studies of successful ageing", *Psychological Ageing*, Vol.10, No.4, pp.578–589.

Alexopoulos, G.S., Meyers, B.S., Young, R.C., Kakuma, T., Silbersweig, D.and Charlson, M. (1997),

"Clinically defined vascular depression", *American Journal of Psychiatry*, Vol.154, pp.562–565.

Block, J. (1995),

"On the relation between IQ, impulsivity and delinquency", *Journal of Abnormal Psychology*, Vol.104, pp.395–398.

Braak, H.and Braak, E. (1991),

"Neuropathological stageing of Alzheimer-related changes", *Acta Neuropathologica*, Vol.82, pp.239–259.

Bruer, J.T. (1998),

"Brain science, brain fiction", *Educational Leadership*, Vol.56, No.3, pp.14-18.

Bruer, J.T. (1999),
"Education and the brain: A bridge too far", *Educational Researcher*, Vol.26, No.8, pp.4-16.

Bruer, J.T. (1999),
"In search of brain-based education", *Phi Delta Kappan*, Vol.80, No.9, pp.648-657.

Burgess, N.and O'Keefe, J. (1996),
"Neural computation underlying the firing of place cells and their role in navigation", *Hippocampus*, Vol.6, No.6, pp.749-762.

Bush, G., Luu, P.and Posner, M.I. (2000),
"Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex", *Trends in Cognitive Neuroscience*, Vol.4, No.6, pp.215-222.

Dehaene, S., Spelke, E., Pinel, P., Stanescu, R.and Tsivlin, S. (1999),
"Sources of mathematical hinking: Behavioural and brain imaging evidence", *Science*, Vol.284, No.5416, pp.970-974.

Diamond, M.C., Greer, E.R., York, A., Lewis, D., Barton, T.and Lin, J. (1987),
"Rat cortical morphology following crowded-enriched living conditions", *Experimental Neurology*, Vol.96, No.2, pp.241-247.

Dustman, R.E., Shearer, D.E.and Emmerson, R.Y. (1993),
"EEG and event-related potentials in normal ageing", *Progressive Neurobiology*, Vol.41, No.3, pp.369-401.

Ernst, R.L.and Hays, J.W. (1994),
"The US economic and scocial costs of Alzheimer's disease revisited", *American Journal of Public Health*, Vol.84, pp.1261-1264.

Eslinger, P.J.and Damasio, A.R. (1985),
"Severe disturbance of higher cognition after bilateral frontal lobe ablation: Patient EVR", *Neurology*, Vol.35, pp.1731-1741.

Felsman, J.K.and Vaillant, G.E. (1987),
"Resilient children as adults: A 40-year study", in E.J.Anderson and B.J.Cohler (eds.), *The Invulnerable Child*, Guilford Press, New York.

Gabrieli, J.D., Brewer, J.B. and Poldrack, R.A. (1998),
"Images of medial temporal lobe functions in human learning and memory", *Neurobiology of Learning and Memory*, Vol.20, No.1-2, pp.275-283.

Goldsmith, H.H. and Bihun, J.T. (1997),
"Conceptualizing genetic influences on early behavioral development", *Acta Paediatric*, July, Vol.422, pp.54-59.

Greenwood, P.M., Sunderland, T., Friz, J. and Parasuraman, R. (2000),
"Genetics and visual attention: Selective deficits in healthy adult carriers of the e4 allele of the apolipoprotein E gene", Proceedings of the National Academy of Sciences, Unites States, Vol.97, pp.11661-11666.

Hubel, D.H., Wiesel, T.N. and LeVay, S. (1977),
"Plasticity of ocular dominance columns in monkey striate cortex", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* (B), Vol.278, pp.307-409.

Koizumi, H. (1997),
"Mind-morphology: an approach with non-invasive higher-order brain function analysis", *Chemistry and Chemical Industry*, Vol.50, No.11, pp.1649-1652.

Koizumi, H. (1999),
"A practical approach to trans-disciplinary studies for the 21st century—The centennial of the discovery of radium by the Curies", *J. Seizon and Life Sci.*, Vol.9, No.B 1999.1, pp.19-20.

Koizumi, H. et al. (1999),
"Higher-order brain function analysis by trans-cranial dynamic near-infrared spectroscopy imaging", *Journal Biomed. Opt.*, Vol.4, front cover and pp.403-413.

Maguire, E.A., Frackowiak, R.S. and Frith, C.D. (1996),
"Learning to find your way around: A role for the human hippocampal formation", *Proceedings for the Royal Society of London (B): Biological Sciences*, Vol.263, pp.1745-1750.

Maguire, E.A., Frackowiak, R.S. and Frith, C.D. (1997),
"Recalling routes around London: Activation of the right hippocampus in taxi drivers", *Journal of Neuroscience*, Vol.17, No.18, pp.7103-7110.

Maguire, E.A., Gadian, D.S., Johnsrude, I.S., Good, C.D., Ashburner, J., Frack-

owiak, R.S. and Frith, C.D. (2000),

"Navigation related structural changes in the hippocampi of taxi drivers", Proceedings of the National Academy of Sciences, United States, Vol.97, No.8, pp.4398 – 4403.

McCandliss, B.D., Beck, I., Sandak, R. and Perfetti, C. (in press),

"Focusing attention in decoding for children with poor reading skills: A study of the Word Building intervention" .

Meltzoff, A.N. and Moore, M.K. (1977),

"Imitation of facial and manual gestures by human neonates", *Science*, Vol.198, pp.4312, pp.75 – 78.

O'Connor, T.G., Bredenkamp, D. and Rutter, M. (1999),

"Attachment disturbances and disorders in children exposed to early severe deprivation", *Infant Mental Health Journal*, Vol.20, No.10, pp.10 – 29.

Pantev, C., Osstendveld, R., Engelien, A., Ross, L.E., Roberts, L.E. and Hoke, M. (1998),

"Increased auditory cortical representation in musicians", *Nature*, Vol.392, pp.811 – 814.

Parasuraman, R. and Greenwood, P.M. (1998),

"Selective attention in aging and dementia", in R. Parasuraman (ed.), *The Attentive Brain*, pp.461 – 488, MIT Press, Cambridge, MA.

Parasuraman, R. and Martin, A. (1994),

"Cognition in Alzheimer's disease: Disorders of attention and semantic knowledge", *Current Opinion in Neurobiology*, Vol.4, pp.237 – 244.

Park, D.C. (2001),

The Ageing Mind. See website: www.rcgd.isr.umich.edu/

Pascual-Leone, A., Nguyet, D., Cohen, L.G., Brasil-Neto, J.P., Cammarota, A. and Hallett, M. (1995),

"Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills", *Journal of Neurophysiology*, Vol.74, No.3, pp.1037 – 1045.

Raz, N., Williamson, A., Gunning-Dixon, F., Head, D. and Acher, J.D. (2000),

"Neuroanatomical and cognitive correlates of adult age differences in acquisition of a perceptual-motor skill", *Microscience Research Technology*, Vol.51, No.1, pp.85 – 93.

Rothbart, M.K. and Jones, L.B. (1998),
"Temperament, self-regulation and education", *School Psychology Review*, Vol.27, No.4, 479-491.

Schinagl, W. (2001),
"New learning of adults in the information and knowledge society", *Journal of Universal Computer Science*, Vol.7, No.7, pp.623-628.

Shaywitz, S.E., Shaywitz, B.A., Pugh, K.R., Fulbright, R.K., Constable, R.T., Mencl, W.E., Shankweiker, D.P., Liberman, A.M., Skudlarski, P., Fletcher, J.M., Katz, L., Marchione, K.E., Lacadie, C., Gatenby, C. and Gore, J.C. (1998),
"Functional disruption in the organisation of the brain for reading in dyslexia", Proceedings of the National Academy of Sciences, United States, Vol.95, No.5, pp.2636-2641.

Shoda, Y., Mischel, W. and Peake, P.K. (1990),
"Predicting adolescent cognitive development and self-regulatory competencies from preschool delay of gratification: Identifying diagnostic conditions", *Developmental Psychology*, Vol.26, pp.978-986.

Terry, R.D., DeTeresa, R. and Hansen, L.A. (1987),
"Neocortical cell counts in normal human adult ageing", *Annuals of Neurology*, Vol.21, No.6, pp.530-539.

B. 深入研究资料

Hickok, G. and Poeppel, D. (2000),
"Towards a functional neuroanatomy of speech perception", *Trends in Cognitive Science*, Vol.4, No.4, pp.131-138.

Huttenlocker, P.R. and Dabholkar, A.S. (1997),
"Regional differences in synaptogenesis in human cerebral cortex", *Journal of Computational Neurology*, Vol.387, No.2, pp.167-178.

Kuhl, P.K. (1998),
"The development of speech and language", in T.J. Carew, R. Menzel and C.J. Shatz (eds.), *Mechanistic Relationships Between Development and Learning*, pp.53-73,

Wiley, New York.

Posner, M.I.and Abdullaev, Y. (1996),
"What to image? Anatomy, plasticity and circuitry of human brain function", in A.W.Toga and J.C.Mazziotta (eds.), *Brain Mapping: The Methods*, pp.407–421, Academic Press, New York.

Posner, M.I., Abdullaev, Y.G., McCandliss, B.D.and Sereno, S.C. (1999),
"Neuroanatomy, circuitry and plasticity of word reading", *Neuroreport*, Vol.10, pp.R12–23.

Stanescu-Cosson R., Pinel, P., van De Moortele, P.F., Le Bihan, D., Cohen, L.and Dehaene, S. (2000),
"Understanding dissociation's in dyscalculia: A brain imaging study of the impact of number size on the cerebral networks for exact and approximative calculation", *Brain*, Vol.123, pt 11, pp.2240–2255.

Temple, E., Poldrack, R.A., Salidis, J., Deutsch, G.K., Tallal, P., Mersenich, M.M.and Gabrieli, J.D. (2001),
Disrupted neural responses to phonological and orthographic processing in dyslexic children: An fMRI study", *Neuroreport*, Vol.12 (2), pp.299–307.

术 语 表

计算障碍（Acalculia）

见 dyscaculia。

注意缺陷多动症（ADHD）

注意缺陷多动症（Attention Deficit Hyperactivity Disorder）。一种学习和行为问题综合症。其特征是保持注意有困难，行为冲动（例如喜欢插话），常常伴随着多动，也有人称之为轻微脑功能失调。

阿尔茨海默病（Alzheimer's disease）

与年龄有关的逐渐衰退的脑部疾病，其特征是整个脑弥散性萎缩，有明显的损伤（称为老年斑）和小纤维团（称为神经元纤维缠绕）。记忆和注意的认知过程受到影响。

杏仁核（Amygdala）

参与情绪、情绪学习和记忆的脑区。每一个半球都包含一个杏仁核，形状像杏仁，在脑的深部，靠近两侧颞叶的内表面。

角回（Angular gyrus）

顶叶皮层的一个区域，与语言的声音结构加工和阅读有关。

阿朴脂蛋白 E（Apolipoprotein E）

（或者称为“apoE”）。多年来一直研究它在心血管疾病中作用。只是在最近才发现，阿朴脂蛋白 E 基因中的一个等位基因（E4）是患阿尔茨海默病的一个危险因素。

小脑（Cerebellum）

在大脑两个半球的后下部脑区，参与运动调节。

胆碱（Choline）

合成乙酰胆碱的一种化学物质，是储存记忆和控制肌肉所需的一种神经递质。

乙酰胆碱系统（Cholinergic systems）

也称为 acetylcholine systems。产生神经递质乙酰胆碱的系统，出现于运动神经元和脑之间神经肌肉的接头处。乙酰胆碱神经元的减少，可能是患阿尔茨海默病的一个因素。

认知（Cognition）

思维的活动，包括感知、思维、学习和记忆等所有方面。

认知神经科学（Cognitive neuroscience）

研究与探索心智与脑的科学，目的是研究认知的心理学、计算机科学与神经科学基础。

认知科学（Cognitive science）

研究心理的科学。利用神经科学、心理学、哲学、计算机科学、人工

智能和语言学等许多领域研究成果的跨学科科学。认知科学的目的是提出有助于解释人类认知——感知、思维和学习的不同模型。

认知活力（Cognitive vitality）

指整个生命历程中的活力或心理力量。

大脑皮层（cerebral Cortex）

脑的外部一层。

译码（Decoding）

学习阅读拼音文字体系（如英语、西班牙语、德语或者意大利语）时的一个基本过程。在这一过程中，不熟悉的单词根据单词中的字母与对应的语音之间的关系来解码。

老年痴呆（Senile Dementia）

智力退化的一种状态，其特征是个体先前的智力水平明显衰退，并常常伴随情绪冷漠。阿尔茨海默病是痴呆的一种形式。

抑郁症（Depression）

活力或者功能性活动降低：身体活力或者精神活力状态低于正常标准。

计算障碍（Dyscalculia）

虽然接受了常规教学，拥有适当的智力和社会—文化机会，但是，简单的数学计算的能力受到破坏。

阅读障碍（Dyslexia）

虽然接受了常规教学，拥有适当的智力和社会—文化机会，但是，在阅读学习中的困难仍然很明显。

脑电图（EEG）

是“Electroencephalogram”的缩写。通过电极测量脑电活动，脑电图是从置于头皮不同部位的传感器中获得的，这些传感器对脑特定区域所有神经元的总体活动很敏感。

情绪智力（Emotional Intelligence）

有时称为情商（“EQ”）。有情绪智力的个体能够对他人有同情心与移情作用，社会技能发展良好，运用这种情绪意识来引导他们的行动与行为。这个术语是在1990年提出的。

癫痫（Epilepsy）

人的慢性神经疾病，产生程度不同的抽搐、神志不清；由于先天缺陷、肿瘤、损伤、有毒物质或者腺体紊乱造成的脑损伤，从而产生意识状态和运动状态的改变。

事件相关电位（ERP）

全称为“Event-related potentials”。先用脑电图描记器记录电信号，由于被试反复接受刺激，用这种技术得到的数据在时间上具有锁定的特性，以研究脑的活动。其结果是脑活动（或者事件相关电位）可以与刺激事件联系起来。

经验依赖（Experience-dependent）

功能性神经系统的特征。经验的改变导致功能的改变，这种特征可能持续终身。

经验期待（Experience-expectant）

功能性神经系统的特征。系统的发展主要依赖于稳定的环境输入，这些输入对于种属中所有成员大体是相同的（如眼优势柱形成期间新生命的双眼刺激），人们认为这种特征在生命的早期形成。

外显记忆（Explicit memory）

记忆可以有意识地提取，如回忆；也可以是描述性的，不同于描述性不那么明显的内隐记忆或者程序性记忆。

胎儿酒精综合症（Fetal alcohol syndrome）

母亲在怀孕期间饮酒对胎儿造成的损害。

功能磁共振成像（fMRI）

全称为“Functional Magnetic Resonance Imaging”。运用核磁共振扫描仪观察血液中化学物质的变化（如氧气的浓度）来间接研究神经活动，研究脑区内与各种形式的刺激和心理任务有关的活动量增加（参见核磁共振成像技术）。

脆性X染色体综合征（Fragile X syndrome）

人类最常见的一种遗传性智力障碍和神经精神疾病。

前额叶（Frontal lobe）

大脑皮层的前部区域。人们认为它是参与规划和高层次思维的脑区。

功能成像（Functional imaging）

提取生理功能定量信息的一些测量技术的总称。

梭状回（Fusiform gyrus）

与视觉过程有关的枕颞叶腹侧皮层区域。功能活动表明，这是专门用于面部视觉加工和视觉词形的脑区。

脑回（Gyrus）

脑回是大脑皮层的弯曲性突起，每一部分脑回都有确定的名称。

大脑半球（cerebral Hemisphere）

大脑有两个半球，分别为“左半球”与“右半球”。

海马（Hippocampus）

边缘系统的结构，参与空间构图和记忆。脑的这个区域在加工与储存长时记忆非常重要。

内隐记忆（Implicit memory）

不能有意识提取的记忆，在某种技能或行动中激活，反映了一种程序学习的模式。这种模式可能很难明确地描述或者有意识地思考（即，让你第二次参与某种过程时会更快的一种记忆，如系鞋带）。

智商（IQ）

表示一个人相对智力的数值：智力年龄÷生理年龄×100 。

左脑思维（Left-brained thinking）

根据错误概念而得出的非专业术语，认为高层次的思维过程严格地分为不同的任务，独立地在脑的不同半球处理。这种观点夸大了左半球特化的某些研究成果，如控制语言的神经系统等。

边缘系统（Limbic system）

也称为“情绪脑”。与丘脑和下丘脑相连，由脑的许多深层结构组成。

叶（Lobe）

根据功能粗略划分的脑区（枕叶、颞叶、顶叶、额叶）。

脑磁图（MEG）

脑磁图（Magnetoencephalography）。非侵入性功能脑成像技术，对脑活动的快速变化比较敏感。放在头附近的记录仪器（超导量子干涉仪，

SQUID）对皮层中神经活动所产生的微弱磁场的波动很敏感，可以以毫秒的时间分辨率来追踪对事件的反应，对该仪器敏感的那些发生源具有良好的空间分辨率。

心理想像（Mental imagery）

也称作 visualisation。心理想像是脑根据记忆、想像或者两者相结合而创造的。有人假设，在心理想像时，负责感知的脑区也参与。

磁共振成像（MRI）

磁共振成像（Magnetic Resonance Imaging）。将强磁场与射频脉冲结合起来形成活体人脑结构图像的非侵入性技术。

多元智力（Multiple intelligences）

用于更详细地解释处理环境信息的不同却又同等重要的方式的术语。

髓鞘形成（Myelination）

神经被一层保护性的脂肪物质覆盖起来的过程。覆盖神经纤维的鞘（髓磷脂）和电系统中的导管一样，起导电作用，保证神经纤维传递的信号不在途中受到损失。

0—3 岁的谬误（Myth of three）

也被称为“早期教育谬误”。这个观点认为，生命的前三年在改变脑活动方面非常重要，过了这三年，脑对改变不敏感。可以将它看作是“关键期”的极端观点。

神经退行性疾病（Neurodegenerative diseases）

脑与神经系统的失调引起脑功能的失调与变性，包括阿尔茨海默病、帕金森病以及其他老年人常患的神经变性疾病。

神经形成（Neurogenesis）

脑中新细胞的生长，包括神经元。

神经科学谬误（Neuromyth）

由于对脑科学研究事实的理解错误、解释错误以及引用错误而产生的错误概念，作为脑科学研究运用于教育和其他情境。

神经元（Neuron）

神经系统的基本构筑单位；整合与传递信息的特化细胞。

近红外线光谱分析仪（NIRS）

近红外线光谱分析仪（Near Infrared Spectroscopy）。非侵入性成像方法，运用近红外线吸收的方式测量脑内脱氧血红蛋白的浓度（这里原文表述不准确。近红外线光谱分析仪可以直接测量脱氧血红蛋白、氧合血红蛋白以及总的血红蛋白的浓度。参见：Boas，D.A.，*et al*.（2003）"Can the cerebral metabolic rate of oxygen be estimated with near-infrared spectroscopy?"，*Physics in Medicine and Biology*.48，2406。——译注）（近红外光的波长在700—900nm之间，可以部分地穿透人体组织。）

枕叶（Occipital lobe）

脑皮层后部接受视觉信息的部位。

光学成像（OT）

光学成像（Optical Topography），研究脑高级功能的非侵入性经颅成像方法。这种方法在运用近红外线光谱分析仪的基础上形成，可以运用于运动状态，因此可以在自然状态下对被试进行实验。

顶叶（Parietal lobe）

皮层的上中部区域，参与许多功能，如空间信息、身体图像、定位等

的加工过程。

外侧裂区（Perisylvian areas）

与“西尔维裂沟”（sylvian fissure）相近的皮层。“西尔维裂沟”是沿着颞叶区延伸的脑后部表面上的一条主要裂沟。对于某些类型的学习而言，阶段性与敏感期具有相关性。

正电子发射断层成像（PET）

正电子发射断层成像（Positron Emission Tomography）。运用正电子发射放射性核素形成脑活动图像的技术，常常是血流或者代谢活动。正电子发射断层成像仪产生脑内化学成分或者化学物质反应的三维彩色图像。

可塑性（Plasticity）

也称为“脑可塑性”。脑如何产生变化和学习的现象。

右脑思维（Right-brained thinking）

根据错误概念而得出的非专业术语，认为高层次的思维过程严格地分为不同的任务，独立地在脑的不同半球处理，这种观点夸大了某些领域右半球特化的具体研究成果。

学习科学（Science of learning）

试图描述认知神经科学研究与教育研究和实践可能结合起来的这样一类研究的术语。

老年斑（Senile plaques）

与阿尔茨海默病有关的明显的脑病变，这些斑块是变性细胞在侵蚀周围的大量蛋白。

敏感期（Sensitive period）

某类生物事件可能发生的最佳时间段。科学家已经研究了感觉刺激类型（如视觉和言语声音）、情绪与认知经验（如依恋、语言接触）的敏感期，但是，如阅读、词汇量、颜色识别能力等许多心理技能在发展中似乎并不经过严格的敏感期。

突触（Synapse）

专门用于一个神经元与其他神经元（称为“目标细胞”）交换信息的连接。

突触密度（Synaptic density）

指与神经元相连接的突触数量。人们认为，神经细胞的突触越多，表征能力与适应能力越强。

突触修剪（Synaptic pruning）

脑发展的过程中，没有使用的突触（脑细胞之间的连接）脱落。在修剪期间，经验和环境决定哪些突触消失，哪些保留下来。

突触形成（Synaptogenesis）

突触的形成。

颞叶（Temporal lobe）

脑皮层后部接受听觉信息的区域。

经颅磁刺激（TMS）

经颅磁刺激（Transcranial magnetic stimulation）。在这一刺激过程中，脑电活动受到脉冲作用的磁场的影响。最近，经颅磁刺激已经被运用于研究皮层加工，如感觉与认知功能方面。

超学科（Trans-disciplinarity）

用于解释沟通与融合完全不同学科从而产生具有自身概念结构的新学科的术语。超学科在形成中拓展了原始科学与学科的边界。

译后记

在脑科学迅速发展的时代，探究学习的脑机制成为学习研究中的一个重大转折。学习研究从此不再停留于思辨与推测，而走向了科学。《理解脑：走向新的学习科学》迈出了创建学习科学征程中的重要一步，本书的出版标志着学习科学的诞生。

本书是经济合作与发展组织启动的“学习科学与脑研究”项目的阶段性研究成果。目前，该项目已经完成了两个阶段的研究，开始进入第三阶段。第一阶段从 1999 到 2002 年，在美国、西班牙、日本分别举行了三次高层论坛。第二阶段从 2002 年到 2005 年，建立了三个研究网络：亚洲的“终身学习”网络（LLL）、美国的“文化素养与阅读技能”网络（LRS）、欧洲的“计算素养与数学技能”网络（NMS）。这三个领域的研究成果将对课程设计、教学实践以及学生个体的学习风格等重要的教育问题提供决策参考，并将在实践中发挥重要的作用。《理解脑：走向新的学习科学》一书是该项目第一阶段的研究成果。在这本书中，学习科学是指将研究方法与理论体系完全不同的神经科学、认知神经科学、认知科学、医学和教育学等学科进行融合沟通与深度整合，而形成的一个具有独特话语体系的新兴研究领域。学习的研究之所以成为科学，还在于它运用了科学的研究方法与研究手段，其中脑成像技术成为最重要的研究工具。借助这类研究工具对视觉加工、记忆、语言、阅读、数学、社会认知以及问题解决等进行科学的研究，将对教育决策、课程教学设计等产生积极的影响。本书号

召各国政府、大学和研究组织积极创设学习科学研究中心，培养学习科学研究人员，促进跨学科的研究。

为了更好地促进学习科学的发展，有必要澄清脑科学中哪些研究成果已经取得确定性的进展，可以运用于教育；哪些研究已经取得很大进展，将对教育产生重要影响，但是还需要进一步研究；哪些有益于教育的脑科学假设迫切需要科学家的深入研究；还有哪些研究成果像“左右脑分工”、“关键期”等研究成果被教育界误解。对于学习科学的发展而言，形成批判性研究共同体，有助于澄清错误，正确地判断基于脑科学的教学观点，制定基于脑科学的教育政策。

学习科学的发展非常迅速，本书从学习科学变动不居的发展过程中截取了一个画面。作为这个新兴领域的开山之作，它指明了学习科学的发展方向，对学习科学的研究将发挥重要的作用。

本书由周加仙博士翻译、修改与统稿。臧玉峰研究员和乔文达博士校读了译稿的部分章节，最后由董奇教授审定全文并最后定稿。感谢刘明堂编辑为本书的出版所付出的辛勤劳动，他认真地校阅译稿，负责地完成了本书的编辑任务；感谢“认知神经科学与学习”国家重点实验室的领导与研究人员，这个来自心理学、教育学、认知神经科学和医学等领域的跨学科研究集体，为解决本书翻译过程中所遇到的跨学科问题提供了非常好的研讨平台。

本书涉及到许多学科的专业知识，而且作为一个新兴的研究领域，其话语体系正在形成之中。限于译者的水平，书中一定存在着不足之处，希望各位同仁批评指正。

2006 年 6 月 6 日